



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту



**МАТЕРІАЛИ
ХІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА
ПРИСВЯЧЕНОЇ 75-РІЧЧЮ
ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА
ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ
(ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ)**

13 – 14 травня 2021 року

Київ 2021

Енергетика. Екологія. Людина. Зб. наукових праць ІЕЕ, КПІ імені Ігоря Сікорського – Київ: ІЕЕ, 2021. – 192 с.

У збірнику представлено статті молодих фахівців з питань перспективних розробок та нових рішень в енергетиці сталого розвитку на XIII науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина».

До збірника включено статті за такими напрямками: сталий розвиток енергетики, енергетичний менеджмент та інжиніринг, сучасні системи забезпечення електричною енергією, інжиніринг та автоматизація електротехнічних комплексів, мехатроніка енергоємних виробництв, проблеми видобутку корисних копалин, геотехнічне і міське підземне будівництво, інженерна екологія та ресурсозбереження, охорона праці, промислова та цивільна безпека, а також особливості функціонування паливно-енергетичного комплексу України з урахуванням природоохоронних вимог. Викладено методи аналізу системи електропостачання, дано оцінку рівнів енергозабезпеченості та енергоефективності з урахуванням екологічного фактора та впливу галузі на людину.

*Друкується за рішенням організаційного комітету науково-технічної конференції
«Енергетика. Екологія. Людина»*

Організаційний комітет:

Голова комітету – Денисюк С. П., д.т.н., професор, директор ІЕЕ.

Заступник голови – Дичко А. О., д.т.н., проф., заст. директора ІЕЕ з наукової роботи.

Члени оргкомітету:

Броницький В.О. – асистент кафедри геоінженерії; **Дешко В.І.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри теплотехніки та енергозбереження; **Закладний О.О.** – к.т.н., доц. каф. електропостачання; **Крючков А.І.** – к.т.н., доц., завідувач кафедри геоінженерії; **Лебедєв Л.М.** – к.т.н., доц. каф. автоматизації управління електротехнічними комплексами; **Левченко О.Г.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки; **Лістовщик Л.К.** – к.т.н., доц. каф. електромеханічного обладнання енергоємних виробництв; **Попов В.А.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри електропостачання; **Розен В.П.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри автоматизації управління електротехнічними комплексами; **Студенець В.П.** – к.т.н., доц. каф. теплотехніки та енергозбереження; **Третьякова Л.Д.** – д.т.н., проф. каф. охорони праці, промислової та цивільної безпеки; **Шевчук С.П.** – д.т.н., проф., завідувач кафедри електромеханічного обладнання енергоємних виробництв.

Адреса організаційного комітету:

Україна, Київ, 03056, вул. Борщагівська, 115, корпус № 22

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Сайт конференції: www.en.iee.kpi.ua

Укладання збірника наукових праць: Закладний О.О.

Матеріали подані у авторській редакції.

Відповідальність за зміст і достовірність даних несуть автори тез.

ISSN 2307-7239

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ № 1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИКИ. СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ

Копчиков О.М. Особливості оцінки ризиків та прогнозування ефективності впровадження смарт систем	7
Фроленков К.Д. Деякі аспекти імплементації концепції V2G в Україні.	12
Мельник Д.О. Аналіз статистичних методів прогнозування для планування електроспоживання промисловими підприємствами.	19
Андрійчук А.А. Побудова системи моніторингу енергоспоживання структурних підрозділів птахофабрики.	24
Панадій М.В. Біоенергетика – перспективний напрямок розвитку альтернативної енергетики України.	29
Лепешко А.А. Початкова стадія впровадження систем «розумного міста» з допомогою геоінформаційних систем.	36
Дерев'янюк Д.Г., Мудрик В.І., Гілевич К.М., Реп'єв О.І. Цифрова підстанція як наслідок впровадження цифрових технологій у енергосистему. Актуальність впровадження та аналіз перспектив цифрових підстанцій в Україні.	38
Волошко А.В., Джеря Т.Е. Інформаційна модель кількісних параметрів режиму електроспоживання – графіку електричного навантаження.	42

СЕКЦІЯ 2. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТА ІНЖИНІРИНГ

Zekeriya Gumus, Iryna Sukhodub. Influence of climatic conditions and technical solutions on the energy performance of a commercial building in Turkey.	51
Gerasimenko L.A., Gavrish A.S. About modern heat exchange surfaces and conditional cycle of condensation.	58
Гончаров Н.С. Практичний досвід використання приладів-розподільювачів теплової енергії у багатоквартирному житловому будинку.	64

СЕКЦІЯ 3. ІНЖИНІРИНГ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Хомяк А.О., Розен В.П., Старожилова Г.И. Метод максимально-середнього перерозподілу однорідного ресурсу.	73
Яковлєв Д.А. Інтелектуальна система управління на базі нейронної мережі для ліфта.	81
Топчу Т. Д. Інтелектуальна система на базі нейронної мережі для диспетчеризації дорожнього руху електротранспорту.	85
Дубовик В.Г., Лебедєв Л.М., Босак А.В., Маламан Д.О. Особливості регулювання	

завантаження дробильного агрегату.	90
---	----

СЕКЦІЯ 4. МЕХАТРОНІКА ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ

Бут В.О., Лістовщик Л.К., Сліденко В.М. Електрогідравлічний генератор імпульсної дії на привибійну зону нафтової свердловини.	97
--	----

Новиков А.О., Лістовщик Л.К., Сліденко В.М. Рекуперативна система амортизації динамічного пристрою з використанням п'єзоефекту.	101
--	-----

Марчук Л.Р., Левчук І. М., Сліденко В. М. Адаптивна електрогідравлічна імпульсна система з потужним віброзахистом.	104
---	-----

Ярошинський Е.Б., Поліщук В.О., Сліденко В.М. Оцінка впливу дисипації енергії на ефективність динамічного гасника коливань.	107
--	-----

СЕКЦІЯ 5. ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ, ГЕОІНЖЕНЕРІЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Артьомов Р.М., Сергієнко М.І. Перспективи, технічна, економічна та екологічна ефективність застосування водневих двигунів на автомобільному транспорті.	112
--	-----

Мухіна К.Є., Мухін Є.А. Ресурсоощадна, екологічно безпечна та чиста технологія для потреб паливно-енергетичного та гірничовидобувного комплексів.	116
--	-----

Савченко І.О., Гайко Г.І. Методика оцінки екологічних і техногенних ризиків при плануванні підземного простору великих міст.	122
---	-----

Чепель А.Є., Кофанова О.В. Аналіз забруднення атмосферного повітря поблизу дитячих майданчиків від автотранспорту.	130
---	-----

Бриворош І.О., Жукова Н.І. Утилізація відходів підприємств чорної металургії.	133
--	-----

Єзгор А.В., Жукова Н.І. Проблеми сміттєзвалищ в Україні.	135
---	-----

Починок Ю.О., Жукова Н.І. Утилізація відходів залізорудної промисловості	140
---	-----

Ряба В.М., Гребенюк Т.В. Аналіз джерел забруднення стічних вод від фармацевтичних підприємств та методи їх очищення.	143
---	-----

Троцик А.С., Гребенюк Т.В. Аналіз впливу виробництва кабельно-провідникової продукції на навколишнє природне середовище.	147
---	-----

Бондарчук Ю.В., Дичко А.О. Аналіз впливу АТ "Подільський цемент" на стан атмосферного повітря у місті Кам'янець-Подільський.	152
---	-----

СЕКЦІЯ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ, ПРОМИСЛОВА ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

Ільчук О.С., Циганков Р.С. Економічне обґрунтування впровадження заходів з охорони праці для енергетичної галузі.	157
--	-----

Гусєв А. М., Морозова В. О. Мікробіологічний контроль, системи очищення і стерилізації на МКС є основою складовою безпеки життєдіяльності космонавтів.	160
---	-----

Ждан Яна. Колективні та індивідуальні засоби захисту.	164
Коломійчук Марина, Наталич Владислав. Тенденції, особливості та ефективність інноваційних способів підвищення безпеки праці.	167
Коршикова Олена. Особливості виробничого травматизму на підприємствах України. ...	170
Лавренюк Вікторія. Вимоги до виробничих процесів, технологічного обладнання та робочих місць на поліграфічних підприємствах.	173
Рак Єва. Психологія праці на підприємствах.....	175
Семйонова Іванна, Мітюк Людмила. Використання ризик-орієнтованого підходу для зниження виробничого травматизму.	178
Юраш О.В. Методи покращення стану охорони праці (приклад компанії АВВ).	181
Мітюк Л.О., Ницун Ю.Г. Інженерні методи попередження надзвичайних ситуацій під час використання систем блискавкозахисту промислових підприємств.	185

СЕКЦІЯ 1.

СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИКИ. СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ

УДК 621.311

Копчиков О.М.
Кафедра електропостачання**ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ВПРОВАДЖЕННЯ СМАРТ СИСТЕМ**

У роботі розглядаються особливості оцінки ризиків та прогнозування ефективності впровадження інтелектуальних смарт систем в розподільні електричні мережі. Розглянуто основні поняття ризику, можливості реалізації оцінки ризику та прогнозування ефективності. Виявлені характерні ризики при впровадженні смарт систем та проаналізовано методи аналізу цих ризиків. Визначена модель оцінки ефективності цієї системи.

Ключові слова: *ризик, електроенергетика, оцінка ризиків, прогнозування, смарт системи, методи аналізу, модель оцінки ефективності.*

**FEATURES OF RISK ASSESSMENT AND FORECASTING THE EFFICIENCY OF
IMPLEMENTATION OF SMART**

The work considers the features of risk assessment and forecasting the effectiveness of the implementation of intelligent smart systems in electrical distribution networks. The basic concepts of risk, possibilities of realization of risk assessment and forecasting of efficiency are considered. Characteristic risks in the implementation of smart systems are identified and methods of analysis of these risks are analysed. The model of estimation of efficiency of this system is defined.

Key words: *risk, electric power industry, risk assessment, forecasting, smart systems, methods of analysis, efficiency assessment model.*

Мета та завдання

Розглянути важливість оцінки ризиків при реалізації впровадження смарт системи. Перевірити можливість здійснення оцінки ефективності з елементами диференціації залежно від складності мереж ОСР.

Вступ

Смарт система, попри те що вона має значний крок з точки зору розвитку, характеризується великою коштовністю, вимагає залучення дуже великих ресурсів та розробки великих проєктів. Ця система повинна мати змогу керування в режимі реального часу та мати змогу попередити чи спрогнозувати короточасні зміни. Тому формування смарт системи це не проста дія в межах оператора системи розподілу, оператора системи передачі або генеруючої станції. Тому можна сказати про те, що саме оцінка ризиків для нас принципова, бо вона може стати певною мірою визначенням того, де найбільш доцільно та ефективно можна реалізовувати той або інший проєкт. Отже, показник ризику буде певною мірою індикатором для визначення де і як впроваджувати смарт системи.

Додатковим індикатором потрібно ввести показник ефективності впровадження таких систем.

Необхідно також зазначити, що реалізацію впровадження смарт систем можливо розглядати не як загальну, для всіх об'єктів оператора системи розподілу, а локально, в межах конкретних об'єктів. Саме такий підхід дозволить значно мінімізувати ризики. А поєднуючи разом показники ризику з показниками ефективності можемо обирати найбільш ефективні

об'єкти, з точки зору реалізації в них смарт технологій.

Визначення поняття ризику та можливі ризики запровадження смарт систем

В різних джерелах поняття ризику мають свої відмінності у формулюванні. В стандарті ISO Guide 73:2009 (ДСТУ ISO Guide 73:2013 в Україні), сімействі стандартів ISO 31000, зазначено що, Ризик — це невизначеність щодо досягнення цілей. Ефект може бути позитивним, негативним або відхиленням від очікуваного. Крім того, ризик часто описується подією, зміною обставин або наслідком.[1]

Тобто маємо змогу сформулювати поняття ризику. Ризик — це невизначеність події, яка могла б вплинути на досягнення цілей. Як наслідок, його можна виміряти, враховуючи наслідки та ймовірність.

Аналізування ризиків передбачає детальний розгляд невизначеностей, джерел ризику, наслідків, ймовірності, подій, сценаріїв, засобів контролю та їх ефективності. Подія може мати кілька причин і наслідків і може вплинути на кілька цілей[2].

Аналізування ризиків може проводитись із різним ступенем деталізації та складності, залежно від мети аналізування, наявності та надійності інформації та наявних ресурсів. Методи аналізування можуть бути якісними, кількісними або комбінованими, залежно від обставин та передбачуваного використання.

Аналізування ризику повинне враховувати такі фактори, як[2]:

- ймовірність подій та наслідків;
- характер і величина наслідків;
- складність та зв'язність;
- фактори, пов'язані з часом, і мінливість;
- ефективність існуючого контролю;
- рівні чутливості та впевненості.

Енергетична галузь представлена генеруючими, ОСР, ОСП і постачальниками електричної енергії. В результаті проведеного аналізу учасників ринку електричної енергії, виявлені ризики характерні для більшості з них:

- територіальні: особливості соціально-економічної і політичної ситуації, уповільнення розвитку певного регіону;

- ринкові: ризик, пов'язані з роботою відкритого ринку електричної енергії та потужності споживачів, скорочення попиту на електричну і теплову енергію, зниження вироблення в результаті уповільнення економічного зростання, зміна цін на електроенергію, зміна цін на енергоносії, послуги, матеріали та обладнання, ризик зростання неплатежів та ін.;

- виробничо-технічні: позапланове припинення генерування енергії, ризик, пов'язані з експлуатацією обладнання, одноразове різке зниження навантаження, вчинення помилок оперативним персоналом, порушення диспетчерського графіка, непланові простої устаткування через виникнення технологічних порушень, виникнення аварій через фізичний знос основних фондів, невиконання постачальниками зобов'язань, ризик, пов'язані зі зміною погодних умов, зміною сезонної водності, конкуренція з більш ефективними виробниками електроенергії та ін.;

- регуляторні: стримування регульованих тарифів на електроенергію і тепло з боку держави, зміна моделі ринку, зміна нормативних правових актів, що регулюють діяльність учасників ринку електричної енергії, зміна податкового законодавства та ін.;

- інвестиційні: неможливість залучення додаткових коштів, необхідних для реалізації інвестиційної програми в повному обсязі, незаплановане збільшення витрат і погіршення затверджених параметрів інвестиційних проєктів, невідповідність реалізованих проєктів стандартам і вимогам регулюючих організацій та ін.;

- фінансові: процентні, інфляційні, валютні, фінансові втрати внаслідок незапуску

об'єктів термін, зростання дебіторської заборгованості та ін.;

- екологічні: ризики нанесення шкоди навколишньому середовищу, ризики залучення до цивільної відповідальності та проведення робіт по усуненню завданих збитків та ін.;

- соціальні: ризики, пов'язані з технологічними порушеннями і аваріями через помилкових дій персоналу, корупційні ризики, ризики виникнення конфліктів інтересів, ризики втрати ділової репутації, невиконання договірних зобов'язань підрядниками і партнерами і ін.

В представлений загальній класифікації ризиків підкресленими є ризики, які на думку автора є найбільш впливовими при впровадженні смарт систем.

Система методів аналізу й оцінювання ризиків

Оцінка ризику являє собою загальний процес аналізу та оцінювання ризику. Ці дві основні складові доцільно розглядати нерозривно, оскільки процедура оцінки ризику заснована на результатах аналізу та зводиться, зазвичай, до визначення, чи перевищує ризик припустиме значення, чи ні.

Кількісний аналіз ризиків буде відображений як показник ймовірності втрат. Для визначення цього показника на різних рівнях, як правило, застосовують два підходи: статистичний і суб'єктивний.

В межах статистичного підходу ризик визначається як величина збитків відносно деякого «порогу, норми». «Норма» може бути обрана безпосередньо самим суб'єктом електроенергетичного ринку, залежно від його специфіки та виду оцінювання ризику.

Результатом впровадження смарт систем повинні бути такі ефекти:

1. Для споживачів електроенергії:

- підвищення якості електроенергії;
- підвищення надійності електропостачання;
- зменшення вартості енергетичних послуг.

2. Для учасників ринку:

- зменшення зношеності та технологічної відсталості фонду;
- задоволення потреб в інвестиціях на оновлення фонду;
- зменшення аварійності на енергетичних об'єктах;
- зменшення технологічних та фінансових ризиків.

3. Для національного регулятора і центральних органів виконавчої влади:

- підвищення якості регулювання
- підвищення якості прийняття рішень в управлінні

Для порівняння рівнів ризикованості проектів також використовують порівняльні показники ризику. Особливістю цих показників є те, що вони не виражають величину ризику, а є лише мірою відносності його розміру. До порівняльних показників ризику належать дисперсія, середнє квадратичне (середнє) відхилення та коефіцієнт варіації.

Для визначення міри індивідуального ризику окремого класу будемо мати такий вираз:

$$R = P(L) \cdot L$$

де L - наслідки ризику;

$P(L)$ - ймовірність настання наслідків ризику;

R - міра (величина) ризику.

Сумарний ризик, який відображає n кількість факторів ризику, може бути розглянутий як суму всіх ризиків:

$$R_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \beta_i R_i$$

де β_i - ваговий коефіцієнт ризику, який залежить від серйозності і ймовірності наслідків. Даний коефіцієнт може бути обрано експертним методом за допомогою складеної таблиці відношення серйозності наслідків до ймовірності їх виникнення (приклад наведено в таблиці 1).

Таблиця 1 – Приклад таблиці відношення серйозності наслідків до ймовірності їх виникнення

	Серйозність наслідків					
Дуже висока	Середній	Високий	Високий	Високий	Високий	Ймовірність
Висока	Середній	Середній	Високий	Високий	Високий	
Середня	Низький	Середній	Середній	Високий	Високий	
Низька	Низький	Низький	Середній	Середній	Високий	
Дуже низька	Низький	Низький	Низький	Середній	Середній	
	Незначні	Малі	Значні	Серйозні	Критичні	

Можемо отримати сумарний ризик для 3-х окремих категорій (класів), а саме: споживачів електроенергії, учасників ринку, регуляторів і центральних органів виконавчої влади.

Аналіз ефективності впровадження смарт систем та можливості її прогнозування

Наступним кроком необхідно визначити показник ефективності. Якщо розглядати ефективність саме смарт системи, то будемо мати систему зображену на рисунку 1. На ньому представлено певний алгоритм чи математична модель “А”, яка приймає на вході показники що ми очікуємо від даної системи, а на виході прогнозовані показники з урахуванням усіх ризиків (Рисунок 1).

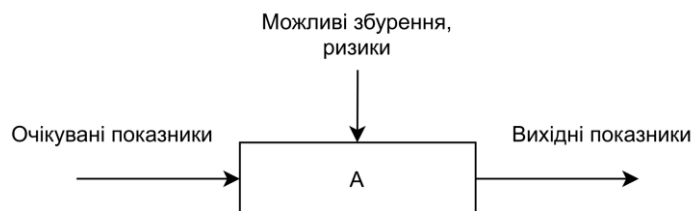


Рисунок 1 - Система визначення ефективності

Параметри на вході системи можна представити як певну сукупність показників $k_1 \dots k_n$, при цьому ці показники можуть бути структуровані та розподілені за певними блоками. Результатом такого обрахування може стати інтегральний показник оцінки ефективності впровадження смарт систем.

Як приклад показника k_1 можна розглядати показник SAIDI або інші показники які характеризують показники функціонування системи. Крім того окремим блоком можуть бути

враховані економічні показники у тому числі показники щодо ризику реалізації проєкту. Перелік цих показників та загальну їх кількість може бути визначена експертним шляхом при цьому сформована загальна кількість їх може змінюватися в залежності від особливостей мережі.

Висновки

Оцінка ризиків дуже важливий блок питання при запровадженні будь якої системи, особливо впровадження смарт систем.

Оцінка ефективності може здійснюватися з елементами диференціації використання різних показників в залежності від рівня складності електричних мереж ОСР. Має бути забезпечено диференціація в аналізі ефективності запровадження смарт систем на рівні високовольтних мереж ОСР або низьковольтних мереж.

Оцінка ефективності дає можливість в умовах обмеженості коштів розглянути ОСР як певний об'єкт дослідження для якого важливим є досягнення мінімальних ризиків при максимальній ефективності впровадження.

Список використаної літератури

1. ISO Guide 73:2009(en) Risk management — Vocabulary [Електронний ресурс] // ISO. Online Browsing Platform (OBP) – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:guide:73:ed-1:v1:en>.
2. ISO 31000:2018(en) Risk management — Guidelines [Електронний ресурс] // ISO. Online Browsing Platform (OBP) – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en>.

УДК 621.3

Фроленков К.Д., студент 2-го курсу магістратури,
наук.керівник: канд.техн.наук, доцент каф.електропостачання Коцар О.В.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ V2G В УКРАЇНІ

Анотація: Концепція V2G передбачає використання ресурсу акумуляторів електромобілів для балансування ринку електричної енергії, стабілізуючи періодичність виробництва електроенергії з ВДЕ, покращуючи таким чином їх інтеграцію до електричної мережі. У статті розглянуто типи зарядних станцій різних рівнів, основні напрями досліджень, алгоритм і стислий план імплементації концепції «електромобіль до мережі» в Україні та її аспекти.

Ключові слова: розумні системи обліку електроенергії, Vehicle-to-grid, відновлювальні джерела енергії, станції постійного струму, станції змінного струму, електромобіль.

Abstract: The V2G concept envisages the use of the battery life of electric vehicles to balance the electricity market, stabilizing the frequency of electricity production from RES, thus improving their integration into the electricity grid. The article considers the types of charging stations of different levels, the main directions of research, the algorithm and a brief plan for the implementation of the concept of "electric car to the network" in Ukraine and its aspects.

Key words: smart metering system, vehicle-to-grid, renewable energy sources, DC charging station, AC charging station, electric car.

Вступ

Широке впровадження некерованих генерувальних установок на базі альтернативних та відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) і практична відсутність накопичувачів електричної енергії великої ємності зумовлює, зокрема, виникнення переважно непередбачуваних періодів дефіциту та надлишку електричної потужності у мережі, і, як наслідок, невідповідність попиту та пропозицій на ринку електричної енергії в кожний момент часу. Найефективніший шлях усунення такої невідповідності полягає в адаптивному керуванні попитом на електричну потужність (електроенергію), зокрема, через імплементацію концепції Vehicle-to-grid (V2G).

Мета та завдання

Метою статті є визначення передумов та аналіз окремих аспектів імплементації концепції V2G в Україні.

Задля досягнення поставленої мети в статті стисло розглянуто сучасний стан застосування електромобілів для керування попитом на електричну потужність в Україні, визначено окремі перешкоди та запропоновано поступовий план імплементації концепції V2G в Україні.

Матеріал і результати досліджень

1. Стисло про V2G

Технологія «електромобіль до мережі» (Vehicle-to-grid – V2G) використовує накопичену в акумуляторах електромобілів енергію для повернення її назад в електричну мережу на запит оператора мережі. Таким чином, електромобілі можуть приймати енергію з електромережі під час надлишків її виробництва та повертати її назад до електромережі під

час її дефіциту в періоди зростання попиту, збалансовуючи виробництво та споживання електричної енергії, а також стабілізуючи періодичність виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії, покращуючи їх інтеграцію до електричної мережі [1].

V2G описується як система, в якій електромобілі можуть взаємодіяти з електромережею для продажу або купівлі енергії, щоб керувати попитом на електроенергію. Щоб зробити можливим систему зарядки акумуляторів, потрібна допомога інтелектуальної та спільної системи для управління обома процесами, а також для додавання додаткових функціональних можливостей, таких, як пошук періодів з нижчими цінами для зарядки акумуляторів, визначення доступних слотів для зарядки в громадських місцях та надати корисну інформацію водіям. Кожен транспортний засіб повинен мати два основні елементи: з'єднання для двонаправленого потоку електричної енергії і логічний зв'язок для "спілкування" та управління обома сторонами. Сигнал управління від оператора електромережі до транспортних засобів може бути реалізований через широкомовний радіосигнал, мережу стільникового зв'язку, Інтернет. Відомі й інші концепції використання накопиченої в акумуляторах електромобілів енергії окрім V2G, наприклад, Vehicle-to-Home (V2H), Vehicle-to-Building (V2B) і Vehicle-to-Everything (V2X).

Станом на 2019 рік кількість зарядних станцій в Україні становила 2719 шт., а кількість зарядних пунктів – 5902 шт. Впродовж 2019 року українці зареєстрували 7542-а електромобілі, які, до того ж, лише приймають електроенергію і не здатні її віддавати в мережу. Так само, в Україні впроваджуються зарядні станції, які спроможні лише заряджати електромобілі і не здатні приймати електроенергію з акумуляторів електромобілів в мережу [2]. Все це свідчить про те, що процес впровадження концепції V2G в Україні знаходиться лише на етапі досліджень.

2. Електричні структурні схеми електромобіля і зарядних станцій

На рисунку 1 наведено електричну схему системи зарядки акумуляторів електромобілів від джерела змінного струму з коефіцієнтом потужності 1. Ця система зарядки акумуляторів забезпечує двонаправлений потік енергії між електромережею та акумуляторами, працюючи в обох режимах зі змінним струмом, і тому її можна розглядати, як розумне зарядне обладнання. Вона складається з двох основних частин: двонаправленого перетворювача потужності, який використовує індуктивності, конденсатори та біполярні транзистори із ізольованим затвором як напівпровідники з імпульсною потужністю; і системи управління, яка складається з мікроконтролера, схеми обробки сигналу, драйверів командних сигналів і драйверів.[3]

У світі існують електромобілі з різними характеристиками, різної комплектації. Існує три типи електромобілів, які заряджаються від мережі: цілком електричні, гібридні та електричні з великим запасом ходу. Цілком електричні автомобілі працюють виключно на своєму електродвигуні і мають вбудовану акумуляторну батарею. Гібридні автомобілі мають акумуляторну батарею, а також паливний бак для резерву. Таким чином, автомобіль за необхідності додаткової потужності почне працювати на традиційному двигуні внутрішнього згоряння (ДВЗ). Електромобіль з великим запасом ходу схожий на гібридний електромобіль, але не має ДВЗ. Натомість є невеликий паливний генератор, що працює для підзарядки акумулятору в разі необхідності.

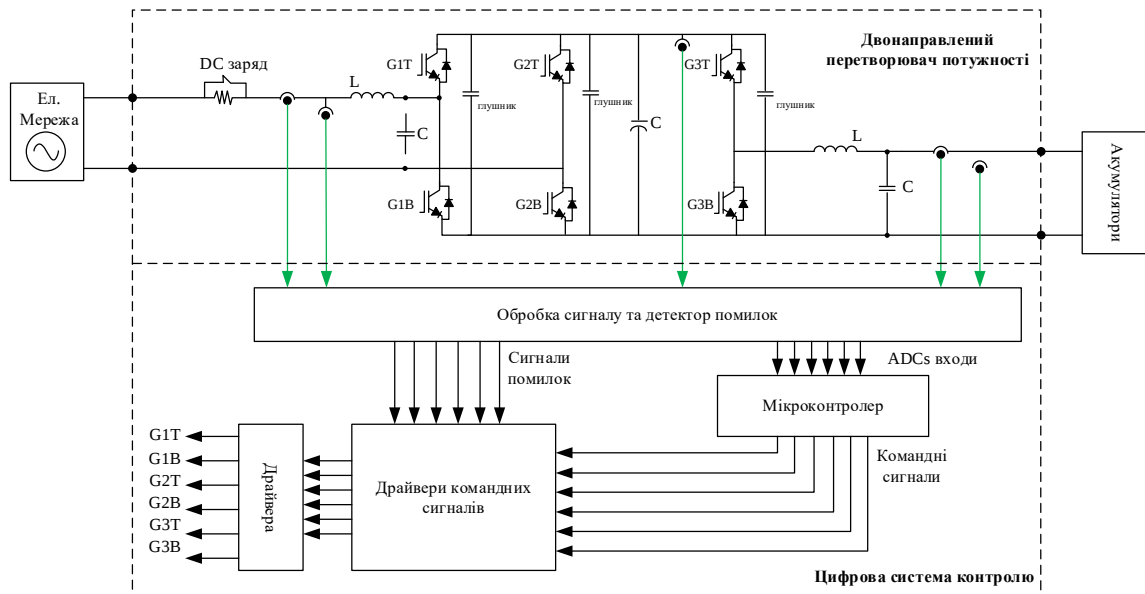


Рис. 1 – схема зарядки аккумулятора электромобиля

Слід зазначити, що не всі електромобілі спроможні віддавати електроенергію в мережу, і не всі зарядні станції можуть приймати цю електроенергію. Прикладом електромобілів, які можуть віддавати в мережу і приймати з мережі електроенергію, є Nissan LEAF, Mitsubishi Outlander PHEV.

Системи зарядки акумуляторів можуть бути трьох типів: змінним струмом від розетки (малої потужності), змінним струмом високої потужності (рис. 2) і постійним струмом (рис. 3) [4].

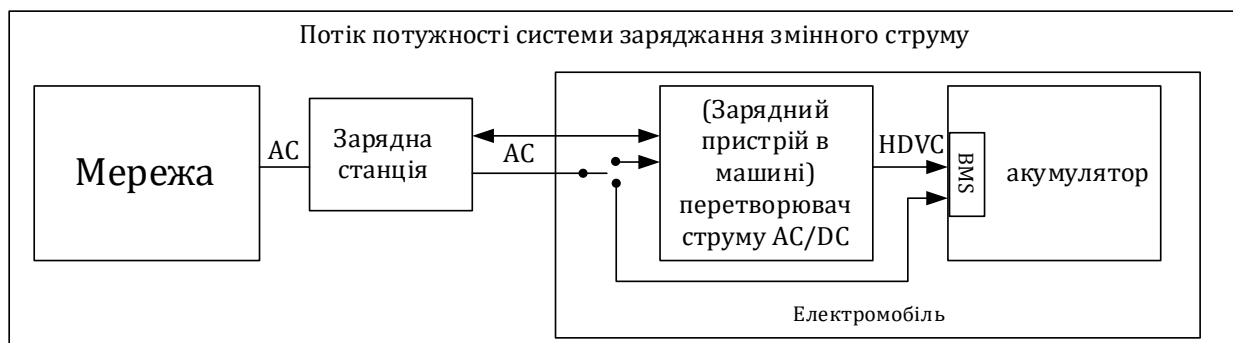


Рис. 2 – Структурна схема зарядної станції змінного струму: 1 і 2 рівні

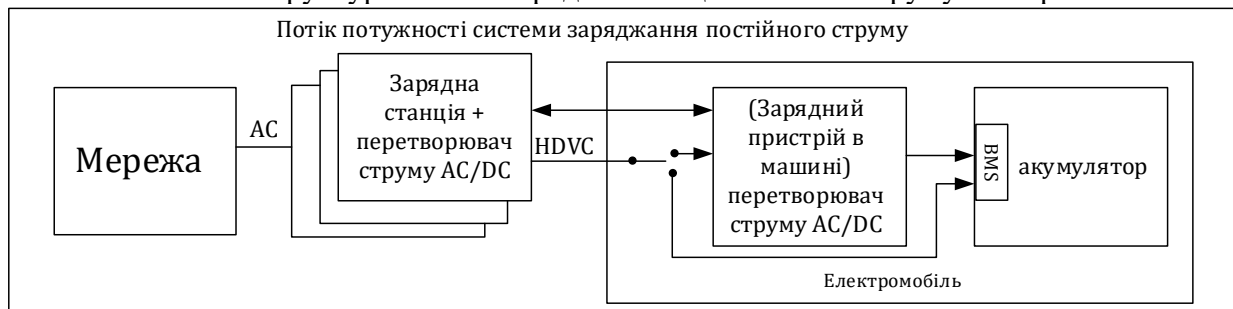


Рис. 3 – Структурна схема зарядної станції постійного струму: 3 рівень

Зарядка від звичайної розетки: час повної зарядки таким способом складає 10-12 годин з розрахунку ємності батареї 30-35 кВт•год. Зарядка змінним струмом підвищеної потужності: час повноцінного заряду батареї в такому режимі триває до 4 годин. І зарядка постійним струмом підвищеної потужності – найшвидший варіант заряду батареї електромобіля. Час повноцінного заряду батареї становить приблизно 30 хв.

3. Алгоритм імплементації V2G в Україні

3.1 Основні аспекти

Імплементація концепції V2G в Україні вимагає дослідження і розв’язання низки завдань, зокрема, але не виключно:

- Запровадження програм лояльності під час купівлі електромобілів та обміну традиційних автомобілів на електрокари. Співпрацю держави з автовиробниками та дилерами спрямовано на підвищення усесторонньої вигоди від збільшення частки електромобілів в країні (вигоди під час купівлі-продажу-обміну, покращання екології, додаткові робочі місця, підвищення рівня обслуговування тощо).
- Розвиток інтелектуальних електромереж. Створення системи передачі даних, дата-центрів, які будуть зберігати і обробляти інформацію. Розповсюдити розумні лічильники на зарядні станції. Створення єдиної системи, яка буде інформувати користувача про поточну кон’юнктуру ринку; найближчі зарядні станції; кількість коштів на його рахунок; кількість авто, які є у користувача; компанії, які надають послуги зарядки; ціну зарядки/розрядки автомобіля в даний момент і час зарядки/розрядки; ресурс акумуляторних батарей тощо.
- Розгортання мережі пунктів двонаправленого обміну електроенергією з достатнім покриттям. Згідно [5] в Європі, щоб визначити відповідну кількість пунктів зарядки, доступних для громадськості, потрібно враховувати кількість існуючих пунктів зарядки, доступних для громадськості, їх технічні характеристики, та вирішувати, чи зосередити зусилля з розгортання на пунктах перезарядки як звичайних, так і великих потужностей. Але йдеться про зарядки G2V. Потрібно взяти до уваги цей пункт і зробити поступову заміну станцій G2V на станції V2G, а також почати будівництво нових станцій V2G в місцях, де це можливо (паркінги біля будинків, торговельних центрів, аеропортів, портів, авто- та залізничних вокзалів тощо). Доцільно встановлювати зарядки високої потужності, особливо в тих місцях, де людина знаходиться, відносно, не довго (наприклад: паркінги біля магазинів).
- Налагодження взаємодії операторів системи розподілу (ОСР) з власниками зарядних станцій. Оператори системи розподілу, які володіють або експлуатують пункти зарядки, повинні співпрацювати на недискримінаційній основі з будь-якими іншими власниками або операторами пунктів зарядки, зокрема забезпечуючи їх з інформацією, необхідною для ефективного доступу до системи та її використання.
- В пунктах зарядки електроавтомобілів повинні використовуватись інтелектуальні системи обліку, щоб сприяти стабільності електроенергетичної системи, забезпечуючи безпеку та гнучку обробку даних. Інтелектуальні системи обліку, потрібно забезпечити отриманням даних, необхідних для стабільності мережі та заохочення раціонального використання послуг, також забезпечити точною інформацією про вартість та доступність послуг, що в свою чергу оптимізує зарядку і надасть переваги для електроенергетичної системи та для споживачів.
- Розвиток конкурентного ринку електричної енергії. Створення та функціонування пунктів зарядки для електромобілів слід розвивати, як конкурентний ринок із відкритим доступом для всіх сторін, зацікавлених у впровадженні або експлуатації

інфраструктури зарядки. Реакція на попит є ключовою для забезпечення розумної зарядки електричних транспортних засобів і, таким чином, для ефективної інтеграції електричних транспортних засобів в електричну мережу, що буде вирішальним для процесу декарбонізації транспорту.

- Запровадження ринку допоміжних послуг в рамках конкурентного ринку електричної енергії в Україні. Завдяки ринку допоміжних послуг оператор системи передачі (ОСП) буде купувати електроенергію для забезпечення надійної роботи об'єднаної електроенергетичної системи (ОЕС) України та належної якості електричної енергії.
- Залежно від потреб мережі, в різні години доби електроенергія буде мати різну вартість, тому потрібно запровадити систему динамічного ціноутворення, яка буде формувати ціни на електроенергію залежно від кон'юнктури ринку.
- З попитом електромобілів в майбутньому знадобиться розгорнути мережі утилізації акумуляторів. Згідно [6] небезпечні відходи, які широко використовуються в усіх сферах діяльності людини: в побутових, виробничих, технічних і технологічних цілях, і підлягають утилізації. Утилізація автомобілів та їх акумуляторів надзвичайно важливе завдання для захисту навколишнього середовища. Акумулятори та електромобілі в цілому може бути перероблено і сировину використано повторно, що дозволяє компенсувати частину витрат на їх придбання.

3.2 Стислий опис алгоритму імплементації V2G в Україні

Блок-схему алгоритму імплементації концепції V2G в Україні наведено на рис. 4.

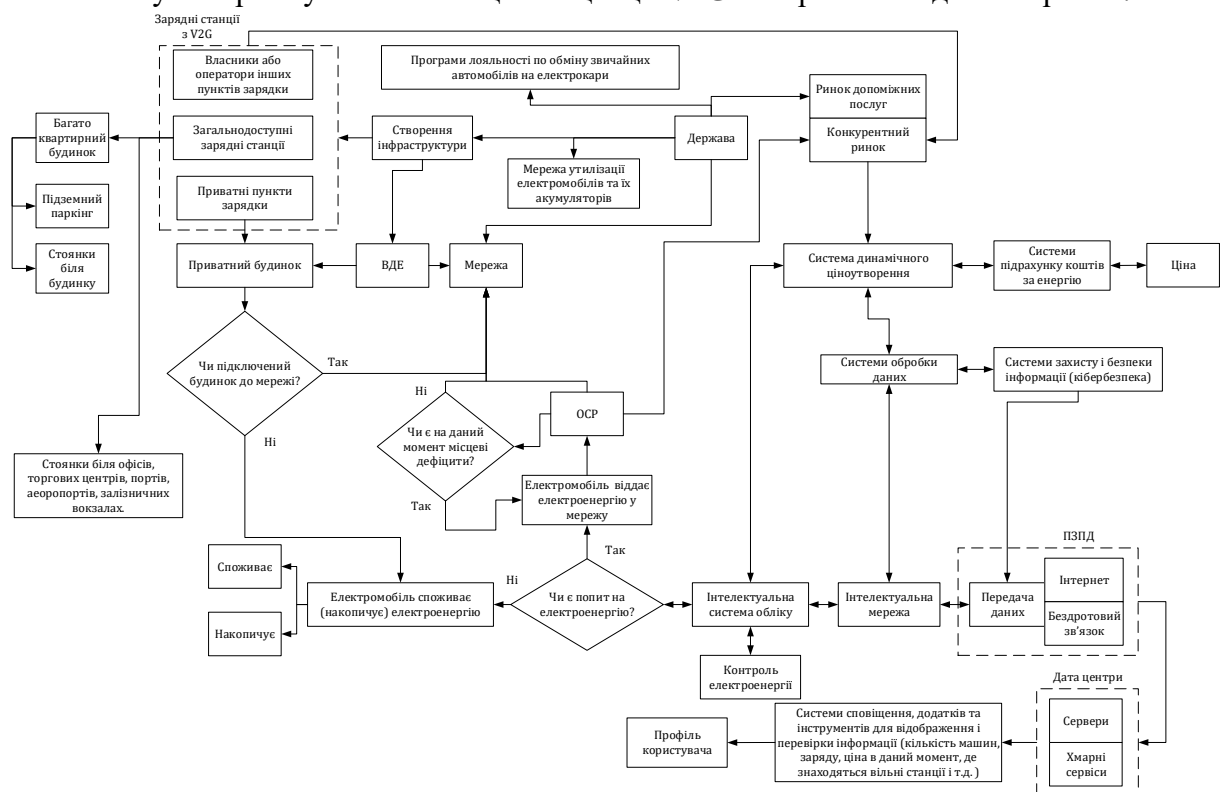


Рис.4 – Алгоритм імплементації концепції V2G в Україні

Держава стимулює впровадження програм лояльності під час купівлі-продажу електрокарів або обміну традиційних авто на електромобілі; розвиває конкурентний ринок електричної енергії, зокрема, ринок допоміжних послуг; розширює і підтримує мережу утилізації електромобілів та їх акумуляторів; сприяє створенню розгалуженої інфраструктури зарядних станцій V2G. Будується більше станцій відновлювальних джерел енергії і зарядних

станцій нового типу. Власники приватних будинків, які повністю забезпечують самі себе електроенергією, можуть продавати надлишки електроенергії для зарядки електрокарів за динамічними цінами. ОСР закуповує електроенергію у власників автомобілів за динамічними цінами. Завдяки системі динамічного ціноутворення власники електроавтомобілів можуть продавати та закуповувати електроенергію за вигідними цінами, а завдяки інтелектуальним системам обліку і системам сповіщення, наприклад, додаток в телефоні, користувач зможе відслідковувати інформацію, зокрема: кількість авто, яку має споживач; характеристики авто; найближчі зарядні станції і вільні місця на них; кількість зарядок з малою/великою потужністю; поточну ціну на електроенергію. Вся інформація захищена системами захисту і безпеки.

3.3 Стислий план імплементації V2G в Україні

1. Розвиток лібералізованого ринку електричної енергії України, зокрема, запровадження ринку допоміжних послуг.
2. Запровадження програм лояльності під час купівлі-продажу електромобілів та обміну традиційних авто на електромобілі.
3. Створення інфраструктури зарядних станцій V2G.
4. Створення системи інформаційної підтримки функціонування V2G в Україні.
5. Розгортання розумних систем обліку в пунктах зарядки електромобілів.
6. Запровадження динамічного ціноутворення на електричну енергію залежно від кон'юнктури ринку.

4. Застереження

Запровадження концепції V2G може мати певні застереження, наслідки і проблеми. Потрібно врахувати доходи населення, ставлення власників авто до того, що їх авто буде накопичувати і віддавати електроенергію, що швидше буде призводити до втрати ємності акумулятора і, як наслідок, до скорішої заміни останнього на новий, що в свою чергу потребує додаткових витрат. Технологія V2G підтримується лише стандартом зарядки “CHArge de MOve” (CHAdemo) – з французької “Заряджайся для руху” [7], в той час як більшість виробників орієнтовані на стандарт “Combined Charging System” (CCS) – з англійської “Комбінована система зарядки” [8], яким не передбачено технологію V2G. CHAdemo і CCS – це конкуруючі стандарти швидкої зарядки. CHAdemo – двоконтактний з’єднувач для зарядки постійним струмом з максимальною напругою 500 В, силою струму 125 А і потужністю до 200 кВт (наприклад, автомобілів типу Tesla Model S, Mitsubishi, Nissan Leaf 1, 1.1). В свою чергу, CCS – двоконтактний з’єднувач з можливістю зарядки напругою 200-500 В змінного струму і з функцією швидкої зарядки постійним струмом потужністю до 170 кВт. (наприклад, автомобілів типу KIA Niro, Hyundai eSUV).

Також, проблема утилізації акумуляторів і авто, повинна вирішуватись державою на законодавчому рівні, щоб якомога менше забруднювати навколишнє середовище, створення центрів утилізації. Потрібно підняти проблему безпеку електромобіля внаслідок надзвичайних ситуацій, наприклад таких, як пожежа.

Висновки

Імплементація концепції V2G в Україні спрямована на усунення невідповідності попиту і пропозицій на ринку електричної енергії, зумовленої некерованим виробленням електричної енергії генерувальними установками на базі ВДЕ, через управління попитом

шляхом відбору з електромережі і тимчасового зберігання надлишків електричної енергії у пулі електромобілів та часткового повернення її в електромережу на запит ринку, що має на меті підвищити збалансованість електроенергетичної системи, збільшити дозволену частку генерувальних установок на базі ВДЕ в енергобалансі України, що врешті решт має призвести до скорочення використання викопного палива та покращання екології довкілля.

Список використаних джерел / References

1. Vehicle-to-Grid Sociotechnical Transition Beyond Electric Mobility / Lance Noel, Gerardo Zarazua de Rubens, Johannes Kester, Benjamin K. Sovacool. – Stirling: Springer Nature Switzerland AG, 2019. – 270 с.
2. IRS: [Електронний ресурс]. URL: <http://irsgroup.com.ua/> (дата звернення: 05.05.2021).
3. “Batteries Charging Systems for Electric and Plug-In Hybrid Electric Vehicles,” 1st ed / Vítor Monteiro, Henrique Gonçalves, João C. Ferreira, João L. Afonso. - InTech, 2012, pp.149-168
4. Electric Vehicle Service Infrastructure [Електронний ресурс] // Texas Instruments. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ti.com/>.
5. On the deployment of alternative fuels infrastructure: Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 p. 1–20
6. Про відходи: Закон України від 5 березня 1998 року № 187/98-ВР Відомості Верховної Ради України № 36-37, ст.242
7. CHAdeMO fast charging for EVs: [Електронний ресурс]. URL: <https://www.chademo.com/> (дата звернення: 01.05.2021).
8. CHARIN: [Електронний ресурс]. URL: <https://www.charin.global/> (дата звернення: 01.05.2021).

УДК. 620.9

Мельник Д.О., магістр кафедри електропостачання
Науковий керівник ктн. доц. Калінчик В.П.

АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРОМИСЛОВИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Анотація: В темі проаналізовано основні статистичні методи прогнозування електроспоживання промисловими підприємствами. Вплив ринку електричної енергії на точність прогнозу, регулюються штрафами за негативний або позитивний небаланс. Промислові споживачі являються суб'єктами ринку, які значною мірою впливають на енергетичну систему в цілому.

Abstract: The main statistical methods of forecasting electric load by industrial enterprises are analyzed in the topic. The impact of the electricity market on the accuracy of the forecast is governed by penalties for negative or positive imbalances. Industrial consumers are market players that significantly affect the energy system as a whole.

Ключові слова: статистичні методи, прогнозування, планування, електроспоживання.

Вступ: В даній темі освітлюються питання прогнозування об'ємів електроспоживання для цілей виконання купівлі на ринку електричної енергії. Розглянуті основні умови які діють на суб'єктів ринку електричної енергії в процесі функціонування, продемонстрована їх класифікація. Запропонована удосконалена модель прогнозування електроспоживання, яка засновується на урахуванні не тільки факторів для визначення потреби в електричній енергії, але й факторів, які враховують тенденції ринку.

Мета та завдання: Дослідити основні статистичні методи прогнозування електричної енергії для промислових підприємств та провести порівняння методів прогнозування.

Матеріал і результати досліджень. Для галузі електроенергетики питання прогнозування завжди було і залишається пріоритетним. Предметом торгівлі на організованих сегментах ринку являється прогнозоване значення електроспоживання для об'єктів з різними обсягами споживання від не значних (наприклад енергетичний вузол) та вагомих (підприємства які функціонують в великих енергетичних районах, електроспоживання області чи міста та енергосистемою в цілому). Прогнозування електроспоживання розраховується на різні часові діапазони з різною інтервальною дискретністю. Необхідність в якісному прогнозуванні обумовлена технологічними і економічними причинами.

Технологічні причини пов'язані з ключовою роллю прогнозування в процесах планування балансів електроенергії та потужності енергосистеми загалом, визначенні режимних параметрів і техніко економічних показників енергоємних об'єктів і розрахунку електричних навантажень в енерговузлах та перетинах (транс-регіональні перетоки) [1]. Прогнозування майбутніх показників електроспоживання дозволяє досягти самого головного принципу формування надійної та ефективної роботи об'єднаної енергетичної системи, та безперебійне забезпечення точного системного балансу процесів виробництва та споживання електричної енергії з-за умов одночасності та миттєвості електричних процесів. Баланс виробництва і споживання електроенергії в основному залежить від стійкості роботи енергосистеми, він визначає системну надійність та безперебійність функціонування системи. У разі порушень умови балансу, насамперед погіршується якість електроенергії (зміна параметрів частоти й напруги мережі від 5-10%), що в свою чергу знижує ефективність роботи електричного обладнання кінцевих споживачів [1].

Існує досить велика кількість економічних причин, що обумовлюють необхідність якісного прогнозування. Точні розрахунки забезпечують оптимальний розподіл навантаження

між електростанціями енергосистеми і підвищують якість електричної енергії. За допомогою прогнозування та планування обсягів споживання електроенергії для великих споживачів дозволяє контролювати ціну купівлі електроенергії, регулюючи навантаженням споживачів за допомогою управління виробничими процесами та переносяться основні обсяги споживання електроенергії в години в діапазон з найменшими ринковими цінами, тим самим знижуючи собівартість виробництва та об'єм платежів енергопостачальним організаціям.

Особливої актуальності задача прогнозування отримала після виникнення в Україні лібералізованого ринку електроенергії, правила якого передбачають необхідність точного прогнозування обсягів електроенергії з метою здійснення її покупки на роздрібному ринку. Всі розрахунки на ринку електричної енергії виробляються з погодинною та поденною, місячною дискретністю, а це означає, що всі учасники ринку повинні виконувати прогнози електроспоживання з такою ж дискретністю на кілька діб, місяців вперед. Похибки та відхилення в прогнозних значеннях електроспоживання дорого коштують для всієї енергосистеми: вони знижують якість управління електропостачанням і погіршують економічність її складних режимів. За відхилення фактичних по часових показників від прогнозних на учасників накладаються штрафні санкції та вихід на балансуючий ринок, що збільшує вартість купленої електричної енергії. Це пов'язано з особливістю електроенергії як товару.

Методом прогнозування називається спосіб вивчення об'єкта прогнозування, який спрямований на створення прогнозу.

Щоб визначити відповідний метод прогнозування для побудови на ньому прогнозної моделі електроспоживання виробничим підприємством, класифікують сучасні методи прогнозування. таким чином (рис. 1):



Рисунок 1. Загальна класифікація методів прогнозування.

Всі методи поділяють на дві групи - інтуїтивні та формалізовані, за загальним принципом дії. Перша група «інтуїтивних методів» застосовується тоді, коли об'єкт прогнозування або занадто простий, або занадто складний і аналітично врахувати вплив факторів практично неможливо. Друга група, це аналітичні або формалізовані методи прогнозування, завдяки яким і здійснюються прогнозування електричного навантаження.

В розгляді прогнозування електроспоживання, дані можна віднести до часових рядів, де часовий ряд - це послідовність значень будь-якої величини в різні моменти часу.

Далі наведемо аналіз основних статистичних методів прогнозування часових рядів.

Прогнозна екстраполяція. Найпростіший і найпоширеніший метод - прогнозна екстраполяція. При створенні прогнозів за допомогою прогнозної екстраполяції відбирають статистичні зміни тих чи інших кількісних характеристик досліджуваного об'єкта та

складаються тенденції. При використанні прогнозної екстраполяції необхідно мати інформацію про історичні дані об'єкта за період, в 2-3 рази більше терміну прогнозування.

Метод екстраполяції, можливо, використовувати при короткостроковому прогнозуванні. До методів екстраполяції відносяться такі методи: метод найменших квадратів та його різновиди, метод ковзної середньої, метод експоненціального згладжування.

Метод найменших квадратів заснований на мінімізації суми квадратичних відхилень між фактичними і розрахунковими значеннями. Ідея цього методу полягає в усередненні значень, як загального впливу, так і поодинокого впливу врахованих значень. До плюсів методу, можна віднести простоту реалізації прогнозної моделі; та можливість здійснення прогнозування з мінімальним набором вхідних параметрів. До мінусів методу відносять неможливість обліку множинних параметрів впливають на електроспоживання промислових підприємств (жорстка фіксація моделі тренду), які не дозволяють врахувати короткострокову тенденцію електроспоживання, яка пов'язана зі змінами попиту на ринку, також впливає в свою чергу на обсяги випущеної продукції підприємством.

Метод прогнозування з використанням екстраполяції застосовується для прогнозування електроспоживання об'єктів з досить стабільними регулярними змінами величини електроспоживання на довгостроковій перспективі.

Регресійна модель. У загальному вигляді регресійну модель, що спирається на чинники, які залежать від спостережуваного ряду, можна віднести до причинно-наслідкової групи моделей, але існують варіації, що використовують тільки минулі значення ряду. При побудові рівнянь множинної регресії основним етапом є відбір найбільш істотних факторів, що впливають на результуючу ознаку.

Прогнозна модель в свою чергу, обмежується лінійною регресією:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \dots + \beta_i \cdot x_i + \varepsilon$$

де y_i – результат моделі; $x_2, \dots, x_i$ – істотні фактори; $\beta_1, \dots, \beta_i$ – коефіцієнти регресії; β_0 – вільний член регресії; ε – помилка моделі.

Методи регресії зазвичай використовуються для моделювання взаємозв'язків електроспоживання з іншими факторами, такими як погодні фактори (температура, вологість, швидкість і напрям вітру і ін.), тип дня і клас споживачів.

Авторегресійна модель. Авторегресійні моделі охоплюють досить широкий спектр часових рядів, а невеликі модифікації цих моделей дозволяють досить точно описувати і тимчасові ряди з сезонністю, до яких можна віднести і електроспоживання промислового підприємства[1].

Модель $AR(p)$ порядку p має такий вигляд:

$$AR(p) = c + \sum_{i=1}^p b_i \cdot x_i + \varepsilon_i$$

де c – стала величина; b_i – параметри моделі; ε_i – помилки. Передбачається, що помилки незалежні та нормально розподілені.

Дана модель краще адаптується до зміни показників і сезонності ряду, ніж модель змінного середнього, але як основа для прогнозу та рідко використовується на практиці.

Штучні нейронні мережі. Штучні нейронні мережі є сучасною технологією, які використовуються в безлічі дисциплін: статистиці, нейрофізіології, комп'ютерних науках, математиці, фізиці. технологію використання нейронних мереж застосовують у різноманітних галузях, наприклад, розпізнавання образів, моделювання, в аналізі часових рядів, обробці сигналів і управлінні. Це можливо завдяки важливим властивостям нейронних мереж – здатності самонавчатися, використовуючи наявні дані, навчання може проводити вчитель або навчання може проходити без його втручання.

Штучні нейронні мережі мають такі переваги при використанні їх для побудови прогнозних моделей [2, 3]:

- не лінійність - можливість встановлювати складні нелінійні залежності для мости досліджуваного об'єкта від вхідних параметрів, це забезпечує меншу помилку прогнозу, щодо інших методів;
- самонавчання - здатність мережі навчатися на наданих результативних даних, самостійно визначати значимість кожного досліджуваного фактору, оцінювати його вплив на кінцеву величину досліджуваного об'єктивним;
- адаптивність - при надходженні свіжих даних мережу можна навчити додатково, завдяки цьому є можливість гнучкого підстроювання під змінилися умови роботи на підприємстві;
- висока похибка-захищеність - в разі відсутності деякої частини даних погіршується прогноз, але це відбувається в набагато меншою мірою, ніж при використанні інших методів прогнозування.

До недоліків штучних нейронних мереж потрібно віднести, складність вибору числа прихованих шарів і визначенні кількості нейронів в шарі; складність при виборі необхідної швидкості (епох) навчання; можливий ефект «перенавчання» при навчанні нейронної мережі.

В роботі проводилось дослідження прогнозування методом лінійної регресії та штучною нейронною мережею. Результати дослідження представлені на рис. 2.

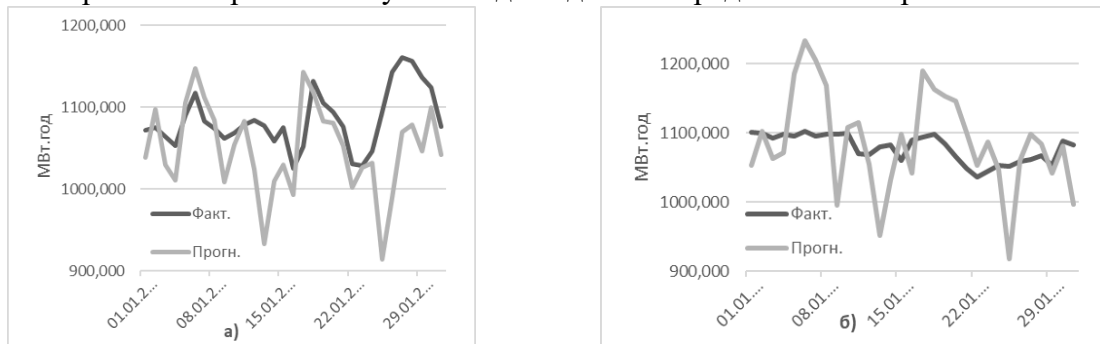


Рисунок 2 – Результати прогнозування а) штучна нейронна мережа б) лінійна регресія

Оцінка точності моделей проводилась відносно середній відсотковій помилки прогнозування моделі. Отже, при моделюванні прогнозних значень електроспоживання промислового споживача, помилка регресійної моделі склала 12,6% а моделі побудованої на штучній нейронній мережі – 3,37%. Тобто, прогноз з допомогою другої моделі в 4 рази точніше, порівняні з першою.

Процес прогнозування електроспоживання зачіпає абсолютно всіх учасників обігу електричної енергії країни.

Якість прогнозу безпосередньо впливає на величину кінцевих цін на електричну енергію, що в умовах постійного зростання електроспоживання та низхідної динаміки підвищення тарифів є дуже важливим.

Від якості прогнозування на рівні підприємств залежить величина собівартості їх продукції, а отже, і показники ефективності їх роботи. Ефективність роботи підприємств на пряму впливає на макроекономічні показники такі, як ВВП і енергоємність ВВП, електроємності ВВП та інших пов'язаних індикаторів на рівні країни в цілому. Таким чином, прогнозування електроспоживання є ефективним інструментом

Висновок Огляд сучасних методів прогнозування навантажень в мережах дозволяє зробити наступний висновок, що одного універсального методу, який буде відповідати усім вимогам, не існує. Кожен підхід і метод має свої переваги, недоліки, межі використання.

В загальному модель побудована на базі штучної нейронної мережі більш точна, ніж модель лінійної регресії при прогнозуванні майбутніх значень на наступний місяць, як

продемонструвало дослідження.

Таким чином, для ефективного вирішення задач прогнозування навантажень в електричних мережах необхідно використовувати комбінації методів як інтуїтивних, так і формалізованих

Список використаних джерел:

1. Особливості короткострокового прогнозування електричного навантаження енергосистеми із суттєвою складовою промислового електроспоживання / П. О. Черненко, О. В. Мартинюк, В. О. Мірошник // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. - 2016. - Вип. 43. - С. 24-31.
2. Чернецов В.І. Прогнозування споживання електричної енергії з використанням нейронних мереж / В.І. Чернецов, Е.Н. Казаковский // Надійність и якість: Міжнаціон. сб. наук. р. – 2006. – Т. 1. – С. 199-201.
3. Anbazhagan S., Kumarappan N. Day-ahead deregulated electricity market price forecasting using neural network input featured by DCT // Energy Conversion and Management. – Vol.78. – 2014. – pp. 711-719
4. Иващенко В.А. Автоматизированное управление электропотреблением промышленных предприятий: концепция и основные задачи/ В.А. Иващенко, А.Ф. Резчиков // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2006. №3. С. 52-56

УДК 621.311.003.13

Андрійчук.А.А.
кафедра електропостачання
наук. керівник Чернявський.А.В

ПОБУДОВА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ СТРУКТУРНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ПТАХОФАБРИКИ

ESTABLISHING THE SYSTEM OF THE ENERGY CONSUMPTION MONITORING OF STRUCTURED POULTRY FACTORY'S UNITS

Анотація. Однією із складових системи енергоменеджменту є енергомоніторинг, який, в свою чергу, базується на проведенні періодичного збору і аналізу даних для оцінки стану птахофабрики з точки зору рівня її енергоефективності.

В даній роботі відмічені роль і місце енергетичного моніторингу в управлінні енергозбереженням на підприємстві, а також представлені загальні етапи проведення моніторингу, основні задачі та принципи. Дана інформація сформована по результатах досліджених з методичних документів і наукових публікацій в сфері енергетичного моніторингу.

Ключові слова: Енергоменеджмент, енергомоніторинг, енергоспоживання, моніторинг.

Abstract. One of the constituents of energy's management system is energy monitoring, which, in turn, is based on conducting periodic data collection and analysis for assessment of the state of poultry factory from the point of view of its energy efficiency.

In this work it was observed role and position of energy's monitoring in energy-saving managing at the facility, also it was represented general steps of conducting monitoring, major tasks and principles.

This information that have resulted from the methodical research and science publications in the area of energy monitoring.

Keywords: Energy management, energy monitoring, energy-consumption, monitoring.

Вступ. Підвищення енергетичної ефективності - це проблема, що стосується будь-яких галузей і технологічних процесів. Показники енергетичної ефективності - це одні з найбільш точних індикаторів, які характеризують не тільки технічний рівень виробництва, а й рівень менеджменту.

Важливий перехід від покомпонентної економії енергії, окремих технічних рішень до загальної стратегії енергетичної ефективності на базі використання сучасних надійних засобів та інструментів, професійного підходу до розробки та впровадження методів удосконалення енергетичної ефективності, включаючи моніторинг і контроль, обліку всіх значимих аспектів і взаємозв'язків, та інтеграції технологій енергетичного менеджменту.

Актуальність роботи:

Проблема енергозбереження та енергоефективності сьогодні – одна з найактуальніших. Основа розвитку будь-якої держави – її енергетична безпека. Ефективне використання енергії дозволить скоротити її витрати, підвищити енергетичну безпеку країни.

Мета і завдання дослідження:

Забезпечення якнайбільшого заощадження енергії на птахофабриці, що призводить до зменшення викидів в атмосферу та економії коштів від сплати за енергоносії. Розроблення заходів для запровадження систем енергетичного моніторингу з метою збереження енергії на птахофабриці.

Матеріал і результати досліджень.

Об'єктом дослідження є птахофабрика, яка спеціалізується на виготовленні наступних видів продукції:

- Вирощування молодняку
- Яйце куряче
- М'ясопродукція
- Яєчний порошок

Дані про річний обсяг виробництва продукції по птахофабриці представлено у табл. 1
Таблиця 1 Річний обсяг виробництва

Назва	Одиниця виміру	Річний обсяг виробництва, од. прод
Вирощування молодняку	цн	11907
Яйце куряче	млн. шт	263,1
М'ясопродукція	цн	12070
Яєчний порошок	цн	267887

Теплопостачання ЗАТ «Птахофабрика» здійснюється від заводської котельні обладнаної котлом ДКВР 10/13 паропродуктивністю 8,25 т/год (працює круглий рік з перервою на ремонтно-профілактичні роботи) та пароводяними бойлерами 14-34-588 та 34-511-68 які працюють на систему опалення гарячого водопостачання та вентиляції та технологію.

Основним видом натурального палива являється природний газ, він використовується для роботи котельної та на технологічні цілі (для обпалки в забійному цеху і сушки посліду). Також природний газ використовується для опалення пташників для вирощування молодняку (11 пташників) за допомогою теплогенераторів ТГ-Ф-2,5 в кількості 2 одиниці на пташник (обидва робочі).

Теплові мережі виконані по двохтрубній схемі як в надземній, так і в підземній безканальній прокладці. Величина діаметру трубопроводів коливається від 50 до 1200 мм.

Основними споживачами теплової енергії являються системи опалення, вентиляції, гарячого водопостачання (санітарні та технологічні потреби). Для технологічних потреб тепла енергія в виді пару використовується в забійному цеху для теплової обробки птиці і для сушки яєчного порошку.

Електропостачання ЗАТ «Птахофабрика» здійснюється від РП двох різних районних підстанцій від двох фідерів 10 кВ.

На підстанціях фабрики встановлено:

ТП 1 - два трансформатори ТМ 630 10/0,4;

ТП 2 - два трансформатори ТМ 400 10/0,4;

ТП 3 - два трансформатори ТМ 400 10/0,4;

ТП 4 - два трансформатори ТМ 630 10/0,4;

ТП 5 - два трансформатори ТМГ 630 10/0,4.

Підприємство відноситься до другої категорії по надійності електропостачання.

Максимум добової потужності, що споживається за добу, за минулий рік складав 998 та 1295 кВт у зимовий та літній періоди відповідно.

Підприємство обладнане установками компенсації реактивної потужності.

Середньозважений коефіцієнт потужності складає 0,99.

Комерційний облік виконується за допомогою лічильників активної енергії «Indigo» класу точності 0,5.

Основне електровикористовуюче обладнання:

1. Компресорні і холодильні установки;
2. Припливні і витяжні установки;
3. Кондиціонери;
4. Електродвигуни насосів;
5. Обладнання для ремонту і обслуговування (зварювальні апарати, токарні і свердлильні верстати, електроінструмент);
6. Обладнання котелень (вентилятори, димососи, насоси);
7. Освітлення виробничих приміщень і території;
8. Комп'ютерне обладнання.

Тепловий баланс підприємства

Зведемо результати розрахунків витрат теплової енергії на опалення вентиляцію, технологію, санітарно-гігієнічні потреби та втрати у тепломережах у таблицю 2 і порахуємо їх процентну частку від загального споживання. Таку ж саму процедуру виконуємо і з виробітком теплової енергії.

Таблиця 2 - Тепловий баланс ЗАТ «Птахофабрика»

Статті балансу	Обсяги виробництва і споживання теплової енергії, Гкал/рік	Частка від надходження і споживання, %
Надходження (всього вироблено теплової енергії):	11549,6	100,0
- котельня	6691,8	57,9
- теплогенератори	4857,8	42,1
Споживання (всього):	11549,6	100,0
- опалення пташників	377,9	3,3
- вентиляція пташників	235,2	2,0
- опалення інших виробничих та адміністративних приміщень	1989,9	17,2
- вентиляція інших виробничих та адміністративних приміщень	1256,4	10,9
- опалення і вентиляція пташників на ділянці с.Пухівка	4857,8	42,1
- технологія:		
· пропарка	1153	10,0
· виробництво яєчного порошку	682,6	5,9
- санітарно-гігієнічні потреби (ГВП)	171,8	1,5
- втрати в тепломережах	825	7,1

Енергетичний моніторинг: поняття та види.

Енергетичний моніторинг є системою, яка дає можливість підприємству здійснювати контроль над споживанням енергії так само, як і над будь-яким іншим дорогим ресурсом.

Розглянутий підхід фактично може застосовуватися в управлінні і контролі над виробництвом чи людськими ресурсами, що призведе до загального зменшення виробничих витрат.

Системи моніторингу енергоспоживання, що використовуються на підприємствах, можна ранжувати за рівнями, що відображає досконалість підходу до даного питання і, в деякій мірі, зацікавленість підприємства в раціональному і економному використанні

енергії:

- оплата щомісячних рахунків за енергоресурси;
- звірка рахунків з фактичними показаннями основних (комерційних) лічильників;
- щомісячне енергоспоживання зіставляється з виходом продукції;
- щотижневий більш детальний, заснований на показах лічильників, моніторинг енергоспоживання по підрозділах підприємства з зіставленням з виходом продукції в даних підрозділах;
- система щотижневого моніторингу, в основі якого покази лічильників, з визначенням цільових показників енергоспоживання.

У систему енергетичного моніторингу входять п'ять основних складових:

- облік споживання енергії та води за допомогою системи лічильників для підрозділів або відділових установок, що називають центри енергообліку;
- установка рівня енергоспоживання кожного центри енергообліку залежно від випуску продукції або інших впливових факторів - установка цільового споживання;
- створення постійної, в більшості випадків щотижневої, системи звітів, що дозволяє вимірювати енергоефективність кожного центри енергообліку і встановлювати зміни у сфері фінансових прибутків або втрат;
- створення груп виробничого персоналу, які будуть регулярно зустрічатися для обговорення шляхів поліпшення ефективності та виконання запланованих заходів;
- створення механізму зворотного зв'язку на всіх рівнях підприємства, таким чином, підвищивши усвідомлення і мотивацію для поліпшення ситуації.

Проблема полягала в тому, що аудит показує лише "фотографічну" картину того, що було неправильно і що може бути покращено, але про це дуже скоро забувається. Проте постійна система моніторингу може бути реалізована так, щоб вона представляла "активний аудит", за допомогою якого структури управління підприємством постійно отримують інформацію і нагадування, коли вони діють неефективно.

Етапи моніторингу:

1. Попередній аудит. Загальні цілі попереднього аудиту наступні: визначити об'єкти моніторингу, беручи до уваги щорічне споживання і ймовірну, на нашу думку, кількість зекономленої енергії; визначити центри для організації обліку і відповідальних за енерговитрати; оцінити загальну вартість системи, включаючи лічильники, можливе комп'ютерне забезпечення та людські ресурси.

2. Вимірювання споживання енергоресурсів.

3. Вибір параметрів, з якими буде зіставлятися енергоспоживання. Основні чинники, від яких залежить споживання енергії, можна згрупувати наступним чином: вихід / вхід (продукція, сировина); години роботи; температура (продукту, навколишнього середовища); інші (вміст вологи, склад).

4. Збір і введення даних. Основні види даних, які зазвичай потрібно збирати, наступні: всі показання лічильників; дані про випуск продукції; навколишня температура; додаткові дані.

Мають збиратися показання всіх лічильників і всі виробничі параметри. Додатково може знадобитися реєстрація температури повітря і час роботи великих споживачів (вентиляторів, двигунів, сушарок і т.д.).

5. Аналіз даних і установка цільових параметрів. Основні завдання, які повинні бути вирішені, щоб перейти до стадії отримання звітів у рамках енергетичного моніторингу, наступні: аналіз вхідних показань лічильників; розрахунок реального споживання; кореляційний аналіз між споживанням і цільовими змінними; розрахунок відхилення між

реальним та цільовим споживанням; зберігання даних за тривалий період часу для вироблення цільових показників і аналізу тренда.

Основні задачі енергетичного моніторингу:

- Моніторинг рівня енергоефективності виробництва, або окремих структур.
- Ідентифікація джерела втрат.
- Моніторинг витрати коштів на теплоенергоресурси.
- Моніторинг тарифів.

Основні задачі енергетичного моніторингу:

- Моніторинг рівня енергоефективності виробництва, або окремих структур.
- Ідентифікація джерела втрат.
- Моніторинг витрати коштів на теплоенергоресурси.
- Моніторинг тарифів.

Висновок.

Як висновок, можна сказати, що для ефективного енерговикористання необхідне виконання, як мінімум, однієї обов'язкової умови – моніторинг (спостереження) показників енергоефективності. При створенні системи моніторингу особлива увага повинна приділятися таким важливим складовим, як організація регулярних потоків інформації та документообігу про споживані паливно-енергетичні ресурси (ПЕР) окремих об'єктів підприємств нафтодобувної галузі.

Список використаних джерел.

1. Некрасов А.С., Сняк Ю.В. Управление энергетикой предприятия [Текст]. – М.: Энергия, 1979. – 296 с., ил.
2. ДСТУ 4472:2005 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Загальні вимоги. [Текст] / Розробники: В.Розен, І.Соколовська, О.Соловей, І.Стоянова, А.Чернявський. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 22 с.
3. УДК 658.26:621.311.004.18 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЧАСТЬ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА РОЗЕН В.П., к.т.н., проф., ЧЕРНЯВСКИЙ А.В., к.т.н., доц.Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
4. <https://www.sae.gov.ua/uk/news/2826>
5. <https://jge.techmedia.com.ua/zhurnal-golovno-energetika-2019-5/yak-ekonomiti-teplo-elektriku-gaz-vodu-ta-palne-praktichni>
6. <http://kr-rada.gov.ua/energoefektivnist-energozberezhennya-g/energomenedzhment-energoefektivnist/>

УДК 621.311.003.13

Панадій М.В.
кафедра електропостачання
наук. керівник Бориченко О.В.

**БІОЕНЕРГЕТИКА – ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМОК РОЗВИТКУ
АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ**

**BIOENERGY - A PROSPECTIVE DIRECTION OF THE DEVELOPMENT OF
ALTERNATIVE ENERGY OF UKRAINE**

Анотація. У даній статті проаналізовано наслідки впливу цивілізації на екологічну ситуацію, негативний внесок енергетики у розвиток парникового ефекту, визначено стратегію боротьби з посиленням парникового ефекту. Досліджено сприяння низько вуглецевого розвитку економічному зростанню України, вивчено чинники, що стримують розвиток біоенергетики та способи вирішення проблем. Представлено історичні дані зі статистичними даними, проаналізовано сектор біоенергетики, визначено перспективні напрямки розвитку енергетичного сектору України. Наведено стратегічні рішення для стабільного нарощування енергетичного потенціалу в цьому секторі.

Ключові слова: Теплопостачання, енергетичний потенціал, біопаливо, біомаса, відновлювані джерела енергії, низько вуглецевий розвиток.

Abstract. This article analyzes the effects of civilization on the environmental situation, the negative contribution of energy to the development of the greenhouse effect, defines a strategy to combat the strengthening of the greenhouse effect. The promotion of low-carbon development to the economic growth of Ukraine has been studied, the factors hindering the development of bioenergy and ways to solve problems have been studied. Historical data with statistical data are presented, the bioenergy sector is analyzed, perspective directions of development of the energy sector of Ukraine are determined. Strategic solutions for stable growth of energy potential in this sector are presented.

Key words: Heat supply, energy potential, biofuel, biomass, renewable energy sources, low carbon development.

Вступ. Століття за століттям гігантськими темпами зростає вплив людства на кругообіг речовин та енергетичний обмін у біосфері. На відміну від інших організмів, які населяють нашу планету, людина впливає на природу не лише процесами обміну речовин у живій природі, тобто біологічним обміном, а й своєю трудовою діяльністю. Останні п'ятдесят років людина виступає як могутня сила, що змінює стан екосфери всієї планети. Масштаби людської діяльності вражають своїми розмірами. На жаль, ця діяльність переважно негативно впливає на природу, а саме: розвитком глобальної екологічної кризи, виникненням і посиленням парникового ефекту, появою озонної дірки та кислотних дощів, індустріалізацією, мілітаризацією, хімізацією, споживанням і забрудненням усіх геосфер.

Людство суттєво змінює концентрацію парникових газів в атмосфері, спалюючи викопне паливо: вугілля, нафту, газ тощо. Під час їх горіння вивільняється вуглець, який з'єднується з киснем у повітрі та утворює CO₂. За останні 150 років концентрація CO₂ зросла з 280 ppm (часток на мільйон) до більш ніж 400 ppm. [1]. Має місце підвищення глобальної середньої температури - спекотних днів у році стало більше, а холодних – менше. Відбувається невинне танення льодовиків і, як наслідок, скорочується площа білого покриву, який відбиває від 20% до 50% сонячної радіації. Площа океану збільшується та поглинає більше 95%. Так вода ще більше нагрівається і пришвидшує танення льодовиків, призводячи до більших змін клімату:

- вічна мерзлота, що тане, вивільняє у атмосферу величезні поклади вуглекислого газу та метану, які посилюють парниковий ефект;

- зникнення великих площ суходолу, які є місцем проживання людей.

Під водою зникають острови: Мальдіви, Фіджі, Сейшельські Острови, Маршаллові острови, Канарські острови, Федеративні Штати Мікронезії, Французька Полінезія, Філіппіни, Тувалу, Соломонові острови. Більш розповсюдженими у світі стають екстремальні хвилі тепла, посухи та пилові бурі, частіше утворюються урагани та зростає їх потужність. Відповідно, більше шкоди катаклізми завдають людству, забираючи життя, здоров'я, оселі тощо. Уповільнюються океанічні течії, що має наслідком різкі зміни температури та погодних умов. Зменшується чисельність популяцій хребетних тварин на Землі. Це загрожує людству втратами рослинної і тваринної їжі, води, палива, ліків [2].

За експертною оцінкою, стратегія боротьби з посиленням парникового ефекту повинна полягати у виконанні ряду заходів, таких, як: скороченні використання викопних джерел енергії: вугілля, нафти й газу; ефективнішому використанні енергії; широкому впровадженні енергозберігаючих технологій; розвитку альтернативної енергетики (використання поновлюваних джерел енергії); впровадженні нових екологічно чистих і низько вуглецевих технологій, зокрема, застосування холодоагентів і спінювачів з низьким (нульовим) потенціалом глобального потепління [3].

Так як енергетичний сектор України має чималий вплив на викиди парникових газів та становить значну частку в загальному обсязі відходів, що утворюються в Україні, його реформування є однією з нагальних і невідкладних питань, що постали перед українцями, на сучасному етапі. Одним із перспективних напрямків розвитку енергетичного сектору України є підвищення частки вироблення енергії з біомаси.

Мета та завдання. Метою даної роботи є дослідження перспективних напрямків реформування енергетичного сектору України, його нагальних проблем та механізмів їх вирішення.

Матеріал і результати досліджень. Сектор біоенергетики є таким, що найбільш активно розвивається, в порівнянні з іншими секторами відновлювальної енергетики, такими як сонячна, вітрова, гідро, термальна, тощо. Згідно з даними Державної служби статистики України протягом 2007 — 2018 років постачання енергії біопалива та відходів в Україні зросло майже на 212 відсотків, а саме: з 1 508 тис. т н.е. у 2007 році до 3 195 тис. т н.е. у 2018 році (див. рис. 1).



Рисунок 1- Динаміка виробництва енергії з біопалива та відходів

Як видно, з кругових діаграм, представлених на рисунках 2, 3, 4, частка енергії біопалива та відходів у загальному обсязі відновлювальних джерел стабільно перевищувала частки гідроенергії, вітрової і сонячної енергії і становила 63% у 2007 році, 62% у 2012 році і 74% у 2018 році.



Рисунок 2 - Структура відновлюваних джерел енергії у 2007 році

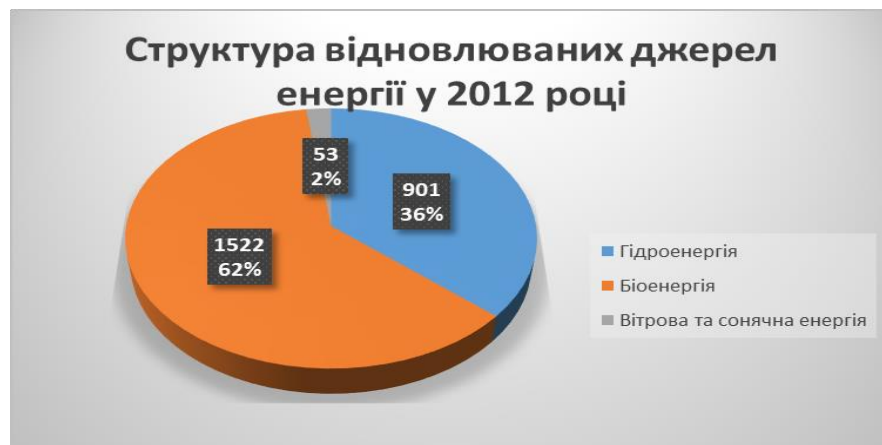


Рисунок 3 - Структура відновлюваних джерел енергії у 2012 році

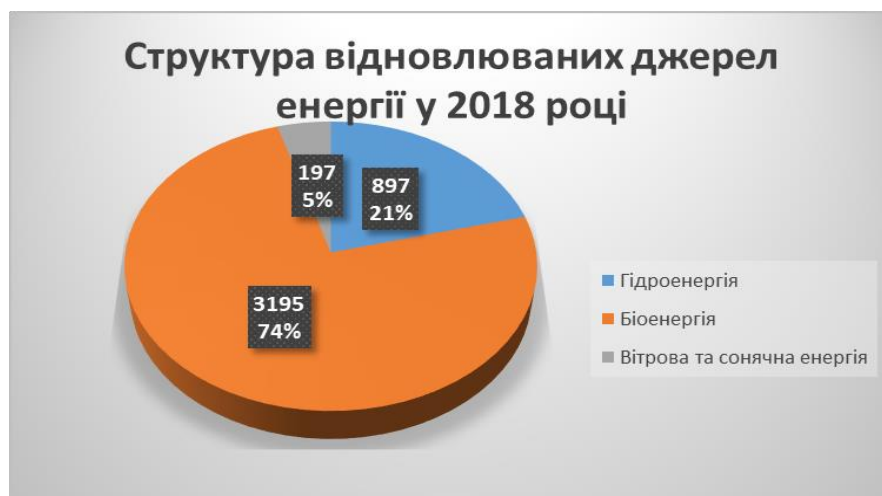


Рисунок 4 - Структура відновлюваних джерел енергії у 2018 році

За показником виробництва біопалив та відходів зростання сектору біоенергетики

України впродовж 2013-2017 рр. оцінювалося в середньому у 45 % на рік, а за показником загального постачання первинної енергії з біопалив та відходів — 35 % на рік. У виробництві біопалив перевага віддавалася твердому біопаливу у вигляді дров, деревної тріски, пелет (гранул) та брикетів з біомаси, тюкованої соломи [4].

За даними Державної служби статистики України у 2018 р. 29,6 % генеруючих підприємств (установок) з виробництва електроенергії та теплоенергії працювали на біопаливі (у 2017 р. – 27,1 %). Зазначеними об'єктами генерації у 2018 р. відпущено електричної енергії 287,5 млн кВт·год, що складає майже 0,2 % від загальних обсягів (проти 0,14 % у 2017 та 0,1 % у 2016 р.), теплової енергії – 7636,7 тис. Гкал (чи 7,8 % проти 6,9 % у 2017 р. та 5,4 % у 2016 р.). Стратегією низько вуглецевого розвитку до 2050 року, і Енергетичною стратегією України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», схваленою розпорядженням КМУ №605-р від 18.08.2017р., передбачено збільшення використання біомаси у генерації електро- та теплоенергії шляхом:

- стимулювання використання біомаси як палива на підприємствах, де біомаса є залишковим продуктом;
- інформування про можливості використання біомаси як палива в індивідуальному теплопостачанні;
- сприяння створенню конкурентних ринків біомаси;
- забезпечення роботи систем централізованого опалення на енергії з відновлювальних джерел (біопелети, побутове сміття, тощо).

Слід зазначити, що використання біомаси не посилює парниковий ефект, оскільки не змінює природний баланс CO₂, а зменшення викидів відбувається за рахунок заміщення вуглецевих викопних джерел енергії масами/паливами органічного походження, які все одно зазнають біологічного розкладу.

Так, згідно з визначенням, наведеним у директиві Європарламенту та Ради Європи 2009/28/ЕС54, біомаса означає частину продуктів, що підлягає біологічному розкладенню, відходи та залишки біологічного походження, що отримуються з сільського господарства (враховуючи речовини рослинного та тваринного походження), лісового господарства та суміжних галузей, враховуючи рибальство та аквакультуру, а також частину промислових та міських відходів, що підлягає біологічному розкладенню. Аналогічне визначення міститься й в українському законодавстві. Відповідно до Закону України «Про альтернативні види палива» біомасою вважається не викопна біологічно відновлювана речовина органічного походження, здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства і технологічно пов'язаних із ними галузей промисловості, а також складова промислових або побутових відходів, здатна до біологічного розкладу, а під біопаливом розуміється тверде, рідке та газове паливо, виготовлене з біологічно відновлювальної сировини (біомаси), яке може використовуватися як паливо або компонент інших видів палива.

Україна має значний потенціал для розвитку біоенергетики, оскільки володіє великим ресурсом біомаси, доступної для виробництва енергії: відходи сільського господарства, відходи деревини, енергетичні культури, як традиційні (цукровий буряк та зернові – на біоетанол, кукурудза – на біогаз), так і ті, що призначені суто для енергетичних цілей та вирощування яких почало активно розвиватися в останні роки (ріпак на біодизель, міскантус, швидкозростаючі деревовидні культури: верба, тополя).

За даними Біоенергетичної асоціації України (далі – БАУ) економічно обґрунтований енергетичний потенціал існуючих відходів біомаси складає близько 25 млн. т. у.п., а енергетичний потенціал біомаси, яку можна виростити на невикористаних сільськогосподарських землях площею більше 4 млн. га – близько 13 млн. т. у.п. За рахунок цього потенціалу можна покрити до 18 % загального обсягу споживання первинних енергоносіїв в Україні. В енергетичних цілях біомасу можна використовувати як шляхом

прямого спалювання (відходів деревини, соломи, лушпиння тощо), так і після переробки у вигляді біопалив: рідких (ефіри ріпакової олії, спирти, рідкі продукти піролізу, біодизель тощо) та газоподібних (біогаз з відходів сільського господарства, осаду стічних вод, твердих побутових відходів, продукти газифікації деревини тощо) [5].

Енергетичною стратегією України на період до 2035 року також передбачається зростання частки сектору електроенергетичної галузі, який використовує тверду біомасу та біопаливо як енергоресурс, що зумовлено як відносною сталістю виробництва (наявністю ресурсної бази), так і тенденцією до формування локальних генеруючих потужностей. При цьому перевага віддаватиметься одночасному виробництву теплової та електричної енергії в когенераційних установках і заміщенню вуглеводневих викопних видів палива.

Переваги у використанні біомаси для виготовлення енергії полягають у тому, що:

- по-перше, вона є місцевим видом палива, що дозволяє максимально задіяти наявні місцеві ресурси регіону, в тому числі і трудові;
- по-друге, вона є відновлюваним видом палива, тобто за умови раціонального ведення господарства є практично невичерпним місцевим джерелом енергії.

Таким чином, використання біомаси призводить до розвитку місцевої економіки, сприяє сталому розвитку регіону та не створює негативних наслідків, пов'язаних з виснаженням природних родовищ традиційних вуглеводнів [4].

Енергетична стратегія України 2035 передбачає низку заходів щодо збільшення використання біомаси у генерації електричної та теплової енергії, зокрема, шляхом: стимулювання використання біомаси як палива на підприємствах, де біомаса є залишковим продуктом; інформування про можливості використання біомаси як палива в індивідуальному теплопостачанні; забезпечення роботи систем опалення (у т.ч. центрального) на енергії з відновлюваних джерел (пелети, побутове сміття тощо); сприяння створенню конкурентних ринків біомаси.

Реалізації перспективних заходів стимулювання та розвитку біоенергетики, передбачених Енергетичною стратегією України на період до 2035 року, заважає низка проблем, зокрема:

1) пов'язаних із вирощуванням енергетичних сільськогосподарських культур. Так, за даними БАУ59 низка енергетичних культур відсутні в Державному класифікаторі продукції та послуг ДК 016:2010 (Секція А «Продукція сільського господарства, лісового господарства та рибного господарства»), що може створити юридичні та інші проблеми на певному етапі господарської діяльності виробників цих культур. Крім того, виробники енергокультур стикаються з необхідністю сплати ПДВ при оформленні своїх відносин з інвестором, тоді як вони ще не виробили жодної продукції. Це пов'язано з тим, що продукцією вважаються саджанці, вирощені самою компанією для використання на своїх же плантаціях. Ще одна проблема полягає в тому, що виробник енергокультур не вважається «сільгоспвиробником» і не має відповідних пільг (наприклад, по оренді техніки), поки він не здійснив перший продаж свого врожаю. Враховуючи, що врожай верби і тополі збирається кожні 3-4 роки, період до першого продажу та отримання відповідних пільг є досить тривалим;

2) пов'язаних із заготівлею деревини. Так, за даними БАУ60 держлісгоспи не мають достатньої техніки, мотивації, а іноді й можливості для значного збільшення заготівлі деревного палива. Разом із тим існує ціла низка обмежень для приватних компаній по заготівлі деревного палива в державних лісах;

3) пов'язаних із виробництвом та використанням брикетів (пелет) з агробіомаси. Так, за даними БАУ61 значна частка пелет та брикетів наразі експортується з України в країни Європи через недостатньо великий попит на внутрішньому ринку. Так, експорт деревних пелет у 2015 р. склав більше 38,5 % їх загального обсягу виробництва, а експорт пелет з лушпиння з урахуванням реекспорту навіть перевищив обсяг їх виробництва в Україні. Розвитку виробництва та споживання пелет в Україні сприятиме й запровадження їх

сертифікації в Україні за нормами ENplus, яка відповідає кращим європейським практикам;

4) пов'язаних із розвитком конкурентного ринку біомаси та біопалив в Україні. Так, за даними БАУ62 у потенційних споживачів з енергетичного сектора існують проблеми з доступом до ресурсів деревної біомаси, а також біомаси сільськогосподарського походження. На сьогодні не існує спеціальних форм реалізації деревного палива (бірж, аукціонів) для потреб біоенергетичних об'єктів, що викликає труднощі у забезпеченні надійних поставок біопалива на такі об'єкти. Також немає організованих систем забезпечення купівлі-продажу біомаси сільськогосподарського походження (тюків соломи, стебел кукурудзи та ін.) для цілей енергетики. Споживачі мають самі знаходити виробників й домовлятися з ними або навіть самостійно організовувати збір та доставку біомаси, що у багатьох випадках викликає значні труднощі. Ще однією проблемою є складнощі з підключенням незалежних виробників теплової енергії з біомаси до централізованого теплопостачання [6].

Для вирішення цих проблем Українським інститутом стратегічних досліджень запропоновано: забезпечити вільний доступ підприємств всіх форм власності до відходів і побічної продукції лісового та сільського господарства; запровадити в Україні систему сертифікації пелет за нормами ENplus; заснувати біопаливну біржу для реалізації операцій купівлі-продажу різних видів біомаси; спростити процедури підключення незалежних виробників теплової енергії з біомаси до централізованого теплопостачання.

Висновки: Україна, що є аграрною державою, має великий потенціал біомаси, широкодоступний для виробництва порівняно недорогої енергії. Тому, враховуючи вичерпність викопних видів вуглеводневих енергоресурсів, зростання собівартості їх видобутку, шкідливий вплив на довкілля, біоенергетика є одним з пріоритетних напрямків розвитку відновлювальних джерел енергії для нашої країни. На український уряд покладається завдання забезпечити ефективне законодавче регулювання, створити реальні фінансові механізми і стимули інвестиційно-інноваційної підтримки виробництва біопалива.

Список використаних джерел

1. Зміна клімату в Україні та світі: причини, наслідки та рішення для протидії/ Екодія, 02.11.2020р., сайт <https://ecoaction.org.ua/>
2. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / [С.П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко]; за ред. С. П. Іванюти. – К. : НІСД, 2020. – 110 с.
3. П'ята оцінювальна доповідь міжурядової групи експертів зі зміни клімату, 2013р. Редактори Томас Ф. Стоккер, Дахэ Цинь, Джиан-Каспер Платтнер, Мелінда М. Б., Тігнор Симон К., Аллен Джудит Бошунг, Олександр Науелс, Юй Ся, Вінсент Бекс, Паулін М. Мідглей
4. Огляд світового досвіду зниження обсягів антропогенних викидів парникових газів на об'єктах енергетики: аналіт. доповідь/ Міністерство енергетики та вугільної промисловості України НЕК «Укренерго» Науково-технічний центр електроенергетики – К, 2013 – 60 с.
5. Огляд енергетичного сектору України Інституції, управління та політичні засади: аналіт. доповідь/ Ніна Чітая, Габрієла Міранда, Віл'ям Томпсон: Секретаріат ОЕСР з глобальних відносин – 75 с.
6. Низьковуглецева енергетика: Стан та стратегічні пріоритети розвитку в Україні: Аналітична записка/ Д. Г. Бобро, Серія «Національна безпека», № 6, 2019 – 29 с.

Лепешко А.А.

Кафедра електропостачання

ПОЧАТКОВА СТАДІЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ «РОЗУМНОГО МІСТА» З ДОПОМОГОЮ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Анотація. На сьогоднішній день цікавість впровадження сучасних технологій обмежується фінансовими можливостями. Якщо ми говоримо про розвиток населених пунктів то глобальні проекти по створення «розумного міста», є вкрай дорогавартісними і не знаходять місце реалізації навіть на початковій стадії.

Дана робота допомагає зламати лід на початковому етапі та дає пропозицію стосовно першого кроку для закладання міцного фундаменту з перспективою якісного залучення інвестицій зі сторони.

Ключові слова: Розумне місто, геоінформаційні системи, управління, організація, місто, населені пункти, інвестиції, економіка, мережі.

Вступ. З розвитком сучасних технологій, все більше постають питання стосовно шляхів їх впровадження та реалізації в існуючому середовищі. Сучасні міста починають відрізнятися від історичних умов більш розвинутою інфраструктурою, системами організації планування та взаємозв'язку з оточуючими територіями. Такі зміни вимагають нової організації просторової діяльності, зокрема в сферах інженерних комунікацій, економічного та управлінського планування.

Шляхи вирішення адаптивності нових систем можуть бути виявлені у використанні сучасних комп'ютерних та програмних інструментів, які в свою чергу пришвидшують та покращують роботу з масивами даних і дають можливість для швидкого прийняття рішення. Пропозиція використання геоінформаційних систем як одна з вагомих складових для початку реалізації стратегічного розвитку населених пунктів з системою «розумне місто», може вирішити ряд питань на перших стадіях. Такий підхід допомагає створити каркасну основу для врахування великої кількості складових міста.

Мета та завдання роботи полягає в ознайомленні з ситуацією початкових етапів впровадження систем розумного міста в населених пунктах та надання пропозицій, щодо покращення початкових етапів залучення інвестицій. Переважно інвестиційний фонд складає основну частину фінансування реалізації проектів. Проте, щоб привернути увагу інвесторів слід показати початкові кроки здійснення запланованої задачі.

Виклад основного матеріалу. Проблема важкого старту впровадження та розвитку систем розумного міста полягають у малій кількості фінансування, адже місцеві бюджети не встигають самостійно заробити достатню кількість коштів для впровадження нових технологій та систем. Щоб стати смарт-містом, владі, підприємствам та громадським організаціям слід аналізувати відкриті дані й ухвалювати рішення для покращення життя городян [1]. Основними намаганнями покращення умов проживання та управління територіальним розвитком виражаються в розвитку благоустрою, створенню нових культурних заходів, реконструкція інженерних комунікацій та підтримання індивідуальних проектів стосовно екології – шляхом використання альтернативних джерел енергії.

Для того, щоб запустити в дію повноцінну систему управління певними показниками населеного пункту, необхідно чималі кошти яких зазвичай не вистачає, проте їх може бути достатньо для створення початкових умов під залучення сторонніх інвестицій. Інвестори які готові вкладати свої кошти в розвиток інфраструктури міста хочуть бачити чіткі наміри її реалізації. Для цього необхідно представляти пророблену роботу на шляху впровадження сучасних технологій на законному рівні.

Аналізуючи документи державного планування на місцевих рівнях, зокрема генеральні

плани та стратегії розвитку населених пунктів можна зауважити відсутність в них розділів, щодо впровадження сучасних технологій. Як правило в таких документах робиться акцент на розвиток підприємницької діяльності, яка в свою чергу і буде сприяти збільшенню фінансових надходжень до місцевих бюджетів. На жаль в таких документах, у позитивних прикладах, максимальне сприяння сучасних технологій носить тільки пропозиційний характер і не розглядається на детальних рівнях.

Одним з перших кроків на шляху до покращення ситуацій в населених пунктах з впровадженням сучасних технологій може слугувати створення каркасу для закріплення інформаційних даних та управління ними в цілях безпеки та покращення умов життєдіяльності в містах та інших населених пунктах. Таким каркасом може слугувати впровадження геоінформаційної системи (ГІС) яка буде враховувати існуючу ситуацію та проектні пропозиції. ГІС – це просторово орієнтована база даних [2, с.38]. Таку базу даних можна наповнити необхідною нам інформацією та з допомогою неї моделювати перспективні рішення. Проаналізувавши, з допомогою ГІС, дійсні існуючі умови можна буде сформулювати певний ряд дій та оцінити об'єм праці для реалізації певних пропозицій.

Якщо розглянути ситуацію на прикладі реалізації проектів енергоефективності в населених пунктах, то в такому випадку може бути створено декілька програм, які внесені до загальної інформативної бази населеного пункту. Такими програмами може слугувати: центральна мережа енергопостачання, мережа датчиків, індикаторів та сигнальних пристроїв, мережа використання альтернативних джерел енергії та інші. Відповідно для локальних проектів можна отримати дані, щодо використання альтернативної енергетики, тобто: повністю забезпечує себе, частково забезпечує себе на певний відсоток, забезпечує себе і віддає в загальну мережу і т.д. Такий збір інформації допомагає побачити спільну картину розвитку впроваджених сучасних технологій. Якщо ж інвестор буде впевнений в успішності таких програм та проектів то відповідно він буде й зацікавлений в інвестуванні та допомозі реалізації діяльності смарт-міста. Також з допомогою такого підходу місцева влада зможе легше управляти та організовувати внутрішні процеси життєдіяльності населених пунктів.

Позитивними результатами впровадження таких пропозицій, можуть посприяти чіткому спостереженню за ситуацією розвитку міста та створення поля діяльності для інвестицій, реалізації нових програм та підвищувати цінність територій населених пунктів.

Висновки: Передові місця розвинених країн займають ті які намагаються жити за новими технологіями, так як вони несуть більшу безпеку, комфортність, економічну, екологічну, соціальну успішність та стабільність. Не дивно, що саме в таких країнах виділяються значні інвестування для впровадження нового. Такий підхід дає їм можливість відчувати себе лідерами, бути привабливими та відкритими для розвитку підприємницької діяльності а також для туристичного та житлового потенціалу.

Геоінформаційні системи являються лише початковим, базовим рівнем на шляху до здійснення запланованих проектних перспектив «розумного міста» які є реальними для місцевих бюджетів та слаборозвинутих населених пунктів.

Список використаних джерел

1. Зацерковний В.І., Бурачек В.Г., Железняк О.О. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с.
2. "Розумні" міста в Україні: навіщо їх створювати та чим може допомогти бізнес // Економічна правда. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2020/08/28/664460/>

УДК 621.314

Д.Г. Дерев'янка, к.т.н., доцент

В.І. Мудрик

К.М. Гілевич

кафедра електропостачання, ІЕЕ

О.І. Реп'єв

кафедра електричних мереж та систем, ФЕА

ЦИФРОВА ПІДСТАНЦІЯ ЯК НАСЛІДОК ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЕНЕРГОСИСТЕМУ. АКТУАЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙ В УКРАЇНІ

ВСТУП

[1] Поява нових міжнародних стандартів стимулюють розвиток сучасних цифрових технологій. Термін «цифрова підстанція (ЦПС)» використовується все частіше, коли йдеться про постачання електричної енергії. Численні статті, маркетингові ЗМІ та Інтернет-сторінки демонструють найважливіші нововведення та висвітлюють переваги для клієнта. ЦПС має багато відмінностей в порівнянні з аналоговою підстанцією (ПС), в першу чергу це вбудоване в первинне обладнання інтелектуальних мікропроцесорних пристроїв, та повністю цифровий спосіб доступу до інформації, її передачі та обробки.

Мета роботи

Мета дослідження, оцінити перспективи впровадження ЦПС, провести аналіз основних вимог до створення ЦПС. Провести аналіз відмінностей ЦПС від аналогової ПС.

Матеріали та дослідження

Загальні відомості

[3] ПС складається з двох типів обладнання: первинного обладнання та вторинного обладнання. Первинне обладнання складається з трансформаторів, автоматичних вимикачів та приладових трансформаторів. Беручи до уваги, що вторинне обладнання включає вимірювальні, дисплейні, комунікаційні, захисні та контрольні пристрої. Сучасна підстанція повинна включати найсучаснішу інформацію, автоматизацію та інтерактивні характеристики.

ЦПС - це підстанція з високим рівнем автоматизації управління технологічними процесами, оснащена розробленими інформаційно-технологічними та керуючими системами та засобами, в якій всі процеси інформаційного обміну між елементами підстанцій, інформаційного обміну з зовнішніми системами, а також управління робочою підстанцією здійснюється в цифровому вигляді на основі протоколів стандартів ІЕС 61850, 61968/61970. Первинне силове обладнання підстанції та компоненти інформаційно-технологічних та керуючих систем орієнтовані на підтримку цифрового обміну даними.

[2] У складі програмно технічного комплексу ЦПС повинні вступити наступні функціональні підсистеми:

- автоматична система управління технологічними процесами ;
- релейний захист та автоматика ;
- спеціалізованого автоматичного управління та регулювання;
- моніторинг параметрів якості електроенергії;
- реєстрація аварійних подій та процесів в енергосистемі ;

- комерційного та технічного обліку електроенергії;
- моніторинг та технічна діагностика стану основного технологічного обладнання;
- моніторинг та управління інженерними системами;
- синхронізованих векторних змінних;
- нормативно-технічної документації та інформаційного забезпечення обслуговуючого персоналу;
- інформаційної безпеки;
- загальної безпеки.

Архітектура цифрових підстанцій

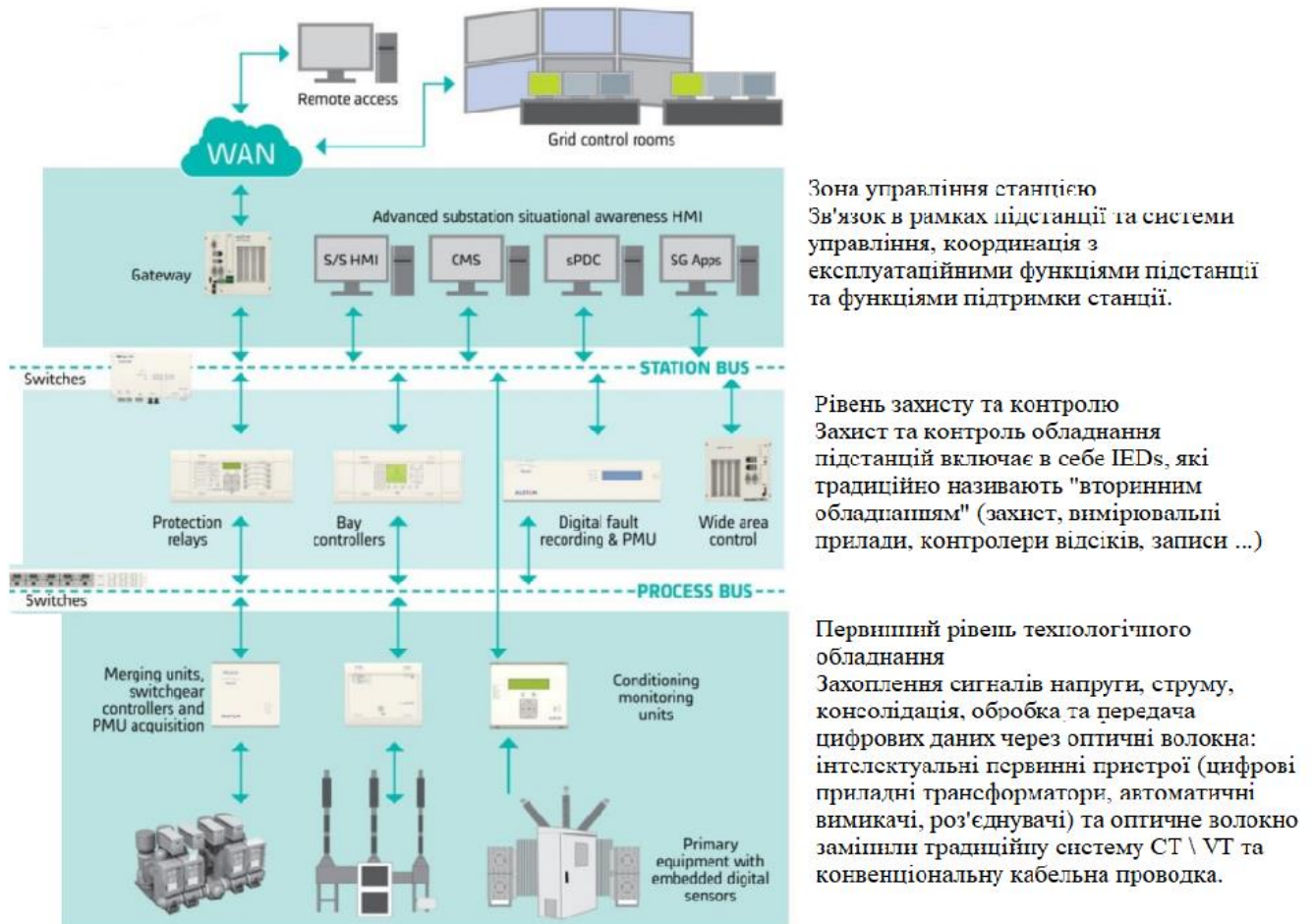


Рисунок 1. Архітектуру цифрової [4]

Як визначено стандартом Міжнародного електротехнічного комітету (IEC) 61850, архітектура цифрової підстанції складається з трьох рівнів: зв'язок та управління, захист та контроль, первинне обладнання. Кожен з рівнів виконує певні функції, а обладнання працює разом для виконання функцій ЦПС. Рівень технологічного процесу включає силові трансформатори, вимірювальні трансформатори та комутаційне обладнання. У звичайній підстанції інтерфейс жорстко з'єднаний мідними кабелями; струми та напруги направляються до панелей захисту та управління на прийнятих стандартизованих рівнях вторинного сигналу, а контрольні кабелі надсилають та отримують інформацію про стан. У цифровій підстанції всі дані - як аналогові, так і двійкові - оцифровуються поблизу джерела і надсилаються в IED через волоконно-оптичні кабелі за допомогою протоколу IEC 61850-9-2.

Міжнародний стандарт ІЕС 61850 та його роль у ЦПС

Як зазначалося вище, стандарт ІЕС 61850 постійно розвивається. Впровадження нових технологій - наприклад, нетрадиційних трансформаторів - є наступним кроком у розвитку підстанцій. Наприклад, розділ ІЕС 61850-9-2 визначає передачу сигналів вимірних значень первинним обладнанням. Аналогові змінні трансформатори струму та напруги первинного обладнання перетворюють у вимірювані змінні, які можна обробляти цифровим способом, наближатись до процесу та передавати їх у підстанцію через технологічну шину. Це робить їх доступними для різних додатків - наприклад, захисту та автоматизації - для подальшої обробки[5]. Поєднання високопродуктивної та високоефективної технології зв'язку, заснованої на технології волоконно-оптичного кабелю, та використання таких технологій резервування, як PRP (Протокол паралельного резервування) та HSR (Висока доступність, плавне надлишкове резервування) робить цю технологію доступною навіть для критично важливих за часом обладнання.

Отже, це ще один важливий внесок у оцифрування підстанції. Технологія технологічної шини насправді не нова, і в цій галузі розвивається багато років, але прорив відбувся лише зараз. Вирішальним фактором для цього є перш за все існування потужних процесорних та комунікаційних технологій, а також стандартизація, що дозволяє різним виробникам розробляти обладнання, що гарантують взаємодію [5]. Це гарантує, що клієнти інвестують у технологію, яка підтримується різними постачальниками і яка постійно розвивається.

Основні переваги та недоліки ЦПС

- На проектування ЦПС треба менше часу на 50% ніж на аналогову ПС.
- ЦПС заощаджує до 20% території при будівництві
- Заощадження на будівництві до 50%
- За рахунок зниження кабельних зв'язків, знижуються витрати на кабель до 80%
- У два рази менше займають місця шафи релейного захисту та протиаварійної автоматики
- Надійність у з'єднаннях
- 100% резервування
- 100% безпека персоналу
- 100% надійність безпеки електроживлення
- Вартість на будівництво ЦПС більша, за рахунок високої вартості цифрових технологій

Цифровізація дозволяє сектору енергопостачання - як і іншим галузям - використовувати нові технології, методи та процеси, особливо на підстанціях, що підвищують експлуатаційну ефективність станції. У порівнянні зі звичайною підстанцією, цифрова підстанція пропонує наступні переваги:

1. Зв'язок на основі Ethernet за стандартом ІЕС 61850. Оцифровка рівня станції
2. Оцифрування впровадження технологічного рівня та нетрадиційних трансформаторів на рівні процесу
3. Підтримка управління активами. Використання даних цифрової підстанції для управління активами
4. Інтегрована техніка. Послідовна, ефективна техніка
5. Кібербезпека. Обов'язковою та невід'ємною частиною будь-якої цифрової підстанції
6. Підтримка управління мережею. Використання даних цифрової підстанції підтримує мережевий контроль.



Рисунок 2. Шість основних аспектів цифрової підстанції

Світовий референс лист ЦПС від компанії General Electric

Таблиця 1.

Країна	Клас напруги	Цифрові ТТ/ТН	Дата впровадження
Франція	420кВ	Ring Glass	2000р
Франція	245кВ	RECT/CEVT	2006р
Британія	400кВ	RECT/CEVT	2007р
Іспанія	145кВ	COSI-CT	2011р
Мексика	420кВ	COSI-CT	2011р
Індія	220кВ	COSI-CT	2012р
Індія	1200кВ	COSI-CT	2012р
Данія	420кВ	COSI-CT	2013р
Швеція	77кВ	COSI-CT	2013р
Бразилія	138кВ	COSI-CT	2013р
Бразилія	230кВ	COSI-CT	2013р
Росія	110кВ	COSI-CM	2014-15р
США	150кВ	COSI-CT F3	2014-15р
Франція	225кВ	COSI-CT, COSI-VT	2014-15р
Україна	150кВ	ROGOFLEX	2018р
Україна	150кВ	ROGOFLEX	2019р

Висновки.

Основні проблеми які заважають впровадженню ЦПС це- неузгодженість, неповнота

і відставання стандартів, галузевої нормативної бази. Якість системи підготовки нових кадрів і перепідготовки експлуатаційного персоналу, наразі це дуже складно, так як технології розвиваються швидше ніж експлуатаційний персонал встигає опонувати та правильно використовувати ці технології. Та одна із головних проблем це висока вартість первинного обладнання. В Україні технологія ЦПС розвивається, але ці проблеми гальмують впровадження ЦПС в енергосистему України.

Перелік посилань

1. Цифрові підстанції. аналіз та їх тенденції впровадження в Україні/ О.О. Дмитренко, В.І. Мудрик. Міжнародний науково-технічний журнал "Сучасні проблеми електроенергетичної та автоматики".2019р. С.53-56.
2. Цифровой питающий центр. требования к технологическому проектированию цифровых подстанций напряжением 110-220 Кв и узловых цифровых подстанций напряжением 35 кВ/ Департамент оперативно-технологического управления ПАО «Россети». 2019
3. Modern Substation Design/ International Journal of Electrical Engineering. ISSN 0974-2158 Volume 7, Number 1 (2014), pp. 17-24
4. Feedback on installed experience with fully-digital substations / 23 rd International Conference on Electricity Distribution Lyon, 15-18 June 2015 Paper 0224
5. Digital Substations - their significance and benefits/Technical article published in the German magazine ew 9/2017

УДК 621.316.7

А. В. ВОЛОШКО, д-р техн. наук, проф., ORCID 0000-0003-3337-****
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ
Т.Е. ДЖЕРЯ, аспірантка, кафедра електропостачання, ІЕЕ,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ КІЛЬКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ – ГРАФІКУ ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ (ГЕН)

Метою роботи є формування моделі інформаційного потоку параметрів режиму електропостачання за допомогою адаптивного ортогонального перетворення – «вейвлет-аналізу» та визначення основних властивостей цього процесу. Виконано кратно-масштабний аналіз. Виявлено переваги та ряд обмежень при застосуванні даної моделі для формування єдиного (узагальненого) інформаційного простору. Візуалізовано структурно-функціональну модель ГЕН, яка представляє собою ієрархічну структуру порівневих частотно-впорядкованих та взаємо-пов'язаних вейвлет-коефіцієнтів.

Ключові слова: графік електричного навантаження (ГЕН), інформаційний потік, «вейвлет-аналіз», кратно-масштабним аналізом (КМА), сингулярність, порівнявельне наближення.

Вступ.

За останнє десятиліття набула великої актуальності та популярності проблема забезпечення якості електричної енергії (ЯЕЕ) і, як результат, розв'язанню цього питання приділяється багато уваги та коштів. Одним із шляхів вирішення такої задачі є ефективне управління режимами електроспоживання на промисловому підприємстві, яке забезпечується сучасною системою її моніторингу. Формування інформаційного потоку (вектору режимних параметрів) заданого об'єму та якості є необхідною основою побудови всього процесу моніторингу. При створенні такої системи в реальному часі потрібна наявність широкого набору певних інформаційних технологій, які, у свою чергу, будуть відкалібровані на параметри реальної системи електропостачання.

Постає питання про введення такого терміну, як інформаційний потік – це сукупність вимірних режимних змінних в певний проміжок часу. Також виникає необхідність обробки (також в реальному часі) значних об'ємів інформації різної якості та формування таких інформаційних потоків, які будуть гарантувати необхідну точність вирішення режимних задач.

Огляд наукових праць по темі дослідження.

Для того, щоб можливим було проведення аналізу інформаційних потоків, потрібно попередньо створити їх модель. Вихідними даними є результуючі вимірювання якісних і кількісних характеристик режиму електропостачання. Надалі можна буде інтерпретувати представлені дані, але тільки тоді, коли модель буде ідентифікована та формально описана.

Після проведення аналізу попередніх наукових праць був виявлений ряд недоліків. Причому ті, що характерні для формування моделі інформаційного потоку за допомогою перетворення Фур'є, присутні також (в тій чи іншій мірі) в ортогональних перетвореннях Уолша-Адамара (за допомогою функцій Радемахера, Хаара, Уолша [1]), Вінерівській фільтрації та перетворенні Гільберта [2]. Нижче наведено головні недоліки найпоширеніших та найвідоміших методів обробки сигналів, які і формулюють обмеження моделі

представлення сигналу:

1. Одним із обмежень апроксимуючих функцій f_i , $i = \overline{1, r}$ є необхідність їх ортогональності відносно проміжку часу t_i . Так як інформаційний сигнал ділиться на різномасштабні компоненти (тобто локальні особливості, які відрізняються відносними величинами і часовою тривалістю), найефективнішим способом їх представлення (на даний час) є використання методів апроксимації. Вони засновуються на розкладанні сигналу за тим чи іншим базисом: $f(t) = X_1 f_1(t) + X_2 f_2(t) + \dots + X_n f_n(t)$. А якщо коефіцієнти X_i корелюють між собою, то важко визначити, які саме апроксимуючі функції потрібно застосовувати: Уолша-Адамара, Радемахера, Хаара, Уолша, Вінерівську фільтрацію, перетворення Гільберта.

2. Неєфективним є також представлення сигналів із наявними особливостями на основі їх апроксимації лінійними фільтрами у випадку, коли завади у сигналі не завжди мають Гаусів закон розподілення і піки/злами інформаційної складової «згладжуються» при повторній обробці лінійним фільтром.

3. При усуненні вищезазначеного недоліку застосування лінійних фільтрів проводиться побудовою нелінійних адаптивних апроксимуючих систем на основі екстраполюючих фільтрів.

Проаналізувавши найпоширеніші та найвідоміші методи обробки сигналу, а також їх недоліки та обмеження можна скласти загальні вимоги до методу представлення сигналі (або його моделі), які мають фігурувати при подальшій розробці моделі інформаційного потоку:

- вибраний базис апроксимації сигналу має бути адаптованим до властивостей сигналу, а також мати змогу адаптуватися до нього в реальному часі;
- роздільність за частотою має бути такою, щоб збільшення масштабу призводило до звуження Фур'є-спектру базисної функції;
- роздільність у часі має бути такою, щоб при зміщенні базисної функції у часі забезпечувалась можливість аналізу властивостей сигналу в різних точках на досліджуваному проміжку;
- базисні функції – ортонормовані, а перетворення – ортогональне;
- побудована модель має включати в єдиний інформаційний простір всі етапи представлення інформації, а саме збір, обробку, зберігання та передачу. Це в подальшому буде сприяти побудові ефективної багаторівневої системи керування режимами системи електропостачання.

Формування моделі інформаційного потоку.

Після етапів аналізу наукових праць та синтезу обмежень до моделі інформаційного сигналу розглядається етап застосування методів ортогональних перетворень, які зараз розвиваються із величезною швидкістю. Не так давно, на початку дев'яностих років минулого століття широкого розповсюдження набуває термін «вейвлет-аналіз» - адаптивне ортогональне перетворення. В основу теорії вейвлет-перетворення покладено метод аналізу із різноманітним розділенням, який називається кратно-масштабний аналіз (multiresolution analysis) і забезпечує представлення сигналу $f(t)$ в базисі $\left\{ \psi_{a,b} = |a|^{-1/2} \psi((t-b)/a) \right\}_{a,b}$ з

коефіцієнтами розкладання $v(a,b) = \langle f, \psi_{a,b} \rangle$, де $\langle f, \psi_{a,b} \rangle \equiv \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{a,b}(t) dt \equiv \langle f, \psi_{a,b} \rangle$. У [3, 4] наведено основні формули та співвідношення, які використовуються для проведення вейвлет-аналізу.

Результат проведення вейвлет-аналізу в науковій літературі по іншому називається кратно-масштабним аналізом (КМА) - це послідовність замкнених підпросторів $\{V_j\}_{j \in \mathbb{Z}}$ із

$L^2(R)$, які утворюють кратно-масштабну апроксимацію, якщо задовольняються наступні шість властивостей [5]:

$$\forall (j, k) \in \mathbb{Z}^2, \quad f(t) \in V_j \Leftrightarrow f(t - 2^j k) \in V_j, \quad (1)$$

$$\forall j \in \mathbb{Z}, \quad V_{j+1} \subset V_j, \quad (2)$$

$$\forall j \in \mathbb{Z} \quad f(t) \in V_j \Leftrightarrow f\left(\frac{t}{2}\right) \in V_{j+1}, \quad (3)$$

$$\lim_{j \rightarrow +\infty} V_j = \bigcap_{j=-\infty}^{+\infty} V_j = \{0\}, \quad (4)$$

$$\lim_{j \rightarrow -\infty} V_j = \text{Замикання} \left(\bigcup_{j=-\infty}^{+\infty} V_j \right) = L^2(R). \quad (5)$$

Існує масштабна функція $\phi(t) \in V_0$ така, що множина її зрушень $\{\phi(t-k), k \text{ — ціле}\}$ складає базис V_0 . (6)

Аналіз вищезазначених властивостей дає такі результати:

- властивість (1) означає, що V_j інваріантне відносно зсуву, пропорційного масштабу 2^j . Цей простір являє собою рівномірну решітку з кроками 2^j , яка характеризує наближення сигналу з роздільністю 2^{-j} ;
- включення (2) – це причинна властивість, згідно якої наближення з роздільністю 2^{-j} містить всю необхідну інформацію для обчислення з грубою роздільністю 2^{-j-1} ;
- розтягнення функцій із V_j в два рази збільшує у два рази роздільність, і (3) гарантує, що це визначає апроксимацію з більш грубою роздільністю 2^{-j-1} ;
- коли роздільність 2^{-j} прямує до 0, то властивість (4) вказує, що усі деталі сигналу $f(t)$ загублені і його енергетична компактність $\lim_{j \rightarrow +\infty} \|P_{V_j} f\| = 0$;
- з іншого боку, коли роздільність 2^{-j} прямує до $+\infty$, властивість (5) відповідає тому, що апроксимація сигналу збігається до початкового вигляду сигналу, тобто $\lim_{j \rightarrow -\infty} \|f - P_{V_j} f\| = 0$;
- коли роздільність 2^{-j} зростає, швидкість убуття похибки апроксимації $\|f - P_{V_j} f\|$ залежить від гладкості сигналу $f(t)$ (дана похибка пов'язана з рівномірною гладкістю Ліпшиця f [6]).

Наближення f з роздільністю 2^{-j} визначається як ортогональна проекція $P_{V_j} f$ на V_j . Для того, щоб обчислити дану проекцію необхідно віднайти ортонормований базис V_j . Побудова ортогонального базису кожного простору V_j проводиться за допомогою розтягнення і зсуву однієї функції ϕ , яка називається масштабуючою функцією. Масштабуюча функція задовольняє ряду властивостей, які лежать в основі схем смугової фільтрації, стискання сигналів і зображень [115]:

$$\phi(t) = 2 \sum_k h_k \phi(2t - k), \quad \sum_k h_k = 1. \quad (7)$$

Співвідношення (7) представляє рівняння розтягування. Набір

$$\left\{ \phi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \phi(2^j t - k) \right\}_{k=1,2,\dots} \quad (8)$$

являється базисом для множини V_j .

Крім масштабної функції в алгоритмах розкладання та реконструкції бере участь

вейвлет-функція $\psi(t)$ та базис $\{\psi_{j,k}(t)\}$ для W_j на її основі. Має місце також ортогональне розкладання (2.9), (2.10). Функції $\{\psi(t-k)\}_{k=1,2,\dots}$ являються базисом в W_0 , а $\{\psi_{j,k}(t), j, k - \text{цїлі}\}$ базисом в L^2 [48, 49]:

$$V_{j+1} = V_j \oplus W_j, \quad (9)$$

$$\bigcup \oplus W_j = L^2. \quad (10)$$

Вейвлет-функція $\psi(t)$ задовольняє співвідношенню (11), за структурою аналогічному (7):

$$\psi(t) = 2 \sum_k g_k \varphi(2t - k). \quad (11)$$

Підсумувавши вищенаведені вирази можна виділити основні властивості вейвлет-аналізу. Вейвлет-перетворення має розвинену структуру математичної формалізації і різноманітні форми вираження двох основних функцій (масштабної, або скейлінг-функції та вейвлет-функції), які визначають базис вейвлет-перетворення (ВП) і його види.

Побудова моделі інформаційного потоку системи електропостачання ґрунтується на головних властивостях ВП. За зручність обчислень вейвлет-коефіцієнтів розкладання, мінімальні розбіжності фільтрів аналізу та синтезу відповідає ортогональність (що суттєво зменшує об'єми обчислень). Нулеві моменти базисних функцій сприяють стисканню інформації при ВП [6]. Гладкість гарантує відсутність спотворень при ВП гладких сигналів, компактність забезпечує невелику довжину фільтрів, а симетрія забезпечує зберігання фазових співвідношень при реконструкції сигналу [6 - 8].

При тому, що зібрати всі властивості в одному ВП не представляється можливим, структура та особливості сигналу, що аналізується, потребує вибору між адекватністю базису та його властивостями. В [9] проведено систематизацію характеристик базисів ВП в плані класифікації типів базисів за 8-ма ознаками, які включають ортогональність, компактність носія, наявність симетрії, можливість задання бажаної кількості нульових моментів, повноту відновлення сигналу при зворотному ВП, регулярність, наявність КІХ-фільтрів (нерекурсивних) в алгоритмах аналізу та синтезу, а також наявність явних виразів функцій $\varphi(t)$ та $\psi(t)$, які утворюють базис (рис. 1.1).

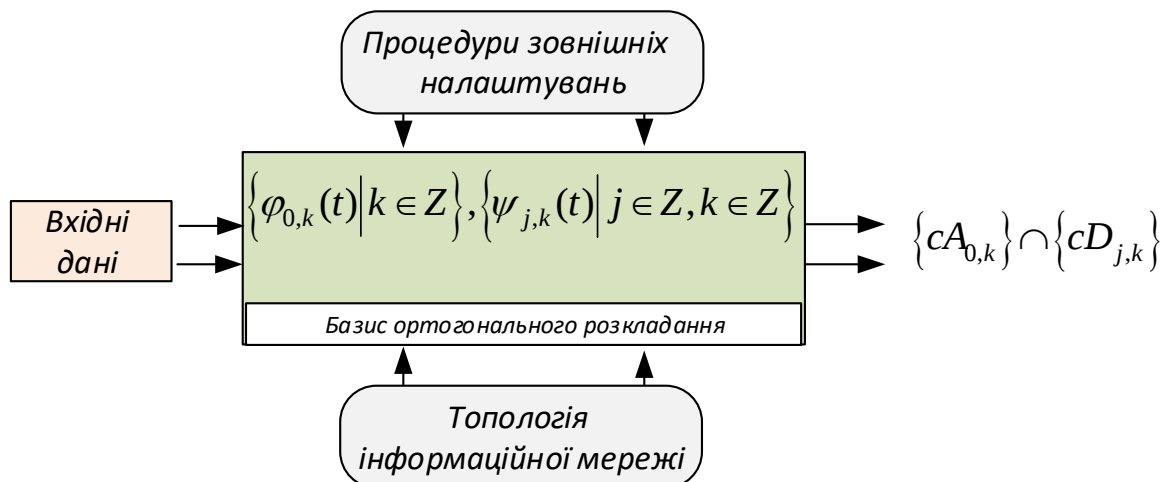


Рисунок 1.1 – Ортогонально-просторова та частотно-впорядкована модель інформаційного потоку

Вихідні значення (коефіцієнти) моделі $\{cA_{0,k}\} \cap \{cD_{j,k}\}$ - це коефіцієнти ортогонального розкладання вхідних даних за базисами

$\{\varphi_{0,k}(t) | k \in Z\}, \{\psi_{j,k}(t) | j \in Z, k \in Z\}$, причому $\{\psi_{j,k}(t) | j \in Z, k \in Z\}$ є базисом простору W_j , за допомогою якого задається рівень ортогонального розкладу інформаційного потоку.

Висновок.

Коефіцієнти моделі $\{cA_{0,k}\} \cap \{cD_{j,k}\}$ відображають інформацію на площині, при цьому розташовуючи її частотні компоненти на різних рівнях розподілення та одночасно показуючи час появи сингулярності в інформаційного потоку.

Наближення інформаційного потоку

$$f(t) = \sum_k cA_{0,k} \varphi_{0,k}(t) + \sum_{j=0}^{\infty} \sum_k cD_{j,k} \psi_{j,k}(t), \quad (12)$$

відзначається властивостями часової та частотної локалізації:

- підсумовування членів розкладу по змінній k відповідає локалізації сингулярності у часовій області, оскільки припускає транслявання базисних функцій $\varphi_{0,0}(t)$ та $\psi_{j,0}(t)$ уздовж осі абсцис;

- підсумовування членів ряду розкладу по j припускає визначити спектральний склад інформаційного потоку, а також (12) представляє собою ортогональний розклад інформаційного потоку, характер якого визначається вибором базисних функцій $\varphi_{0,k}(t)$ та $\psi_{j,k}(t)$. При цьому, основною відмінністю даної моделі від моделі на базі Фур'є-перетворення є те, що побудова спектру Фур'є вхідної функції $f(t)$ припускає розклад даної функції у ряд на єдиному рівні, в той час як число рівнів розкладу по (12) визначається числом просторів W_j .

Однак існують деякі обмеження при застосуванні даної моделі для формування єдиного (узагальненого) інформаційного простору:

- в залежності від структури вхідного сигналу (частотний спектр, несинусоїдальність, наявність шумових компонент, спотворень його номінальних параметрів необхідно вибирати найкращий базис, адаптований до структури сигналу шляхом мінімізації похибки апроксимації в ньому;

- формування того чи іншого параметру інформаційного потоку залежить від частоти дискретизації вхідних даних, і, як наслідок, від рівня ортогонального розкладу;

- виходячи із властивостей ортогонального ВП число просторів розкладу (значення j) повинно обиратися виходячи із формули $j = \log_2 N$, де N – число дискретних значень вхідного сигналу;

- якщо кількість вхідних значень N не відповідає числу 2^J , то недостатня кількість значень сигналу добавляється нулями.

При формуванні моделі ГЕН ортогональне перетворення виконується до рівня $J = 5$ (через властивість ВП). Роздільність 2^J повинна бути кратною 2. Тому що почасовий ГЕН має 24 значення, для проведення вейвлет-аналізу дані значення доповнюються вісьмома нульовими значеннями. У кінцевому результаті маємо число значень ГЕН $N = 32$ і так як, $2^J = 32$, то із цього слідує $J = 5$. На рис.1.2 представлено структурно-функціональну модель ГЕН, яка представляє собою ієрархічну структуру порівневих частотно-впорядкованих та взаємопов'язаних вейвлет-коефіцієнтів.

Дана модель описується наступним чином

$$\{P[k]\}_{k=0}^{31} = \sum_{k=0}^{31} cA_5(k) + \sum_{j=1}^5 \sum_{k=0}^{31} cD_j(k), \quad (13)$$

де $\{P[k]\}_{k=0}^{31}$ – вихідні дані ГЕН (нульовий рівень вейвлет-декомпозиції), $\sum_{k=0}^{31} cA_5(k)$ –

апроксимуючі вейвлет-коефіцієнти останнього, п'ятого рівня вейвлет-декомпозиції, $\sum_{j=1}^5 \sum_{k=0}^{31} cD_j(k)$ – деталізуючі вейвлет-коефіцієнти з першого по п'ятий рівень вейвлет-декомпозиції.

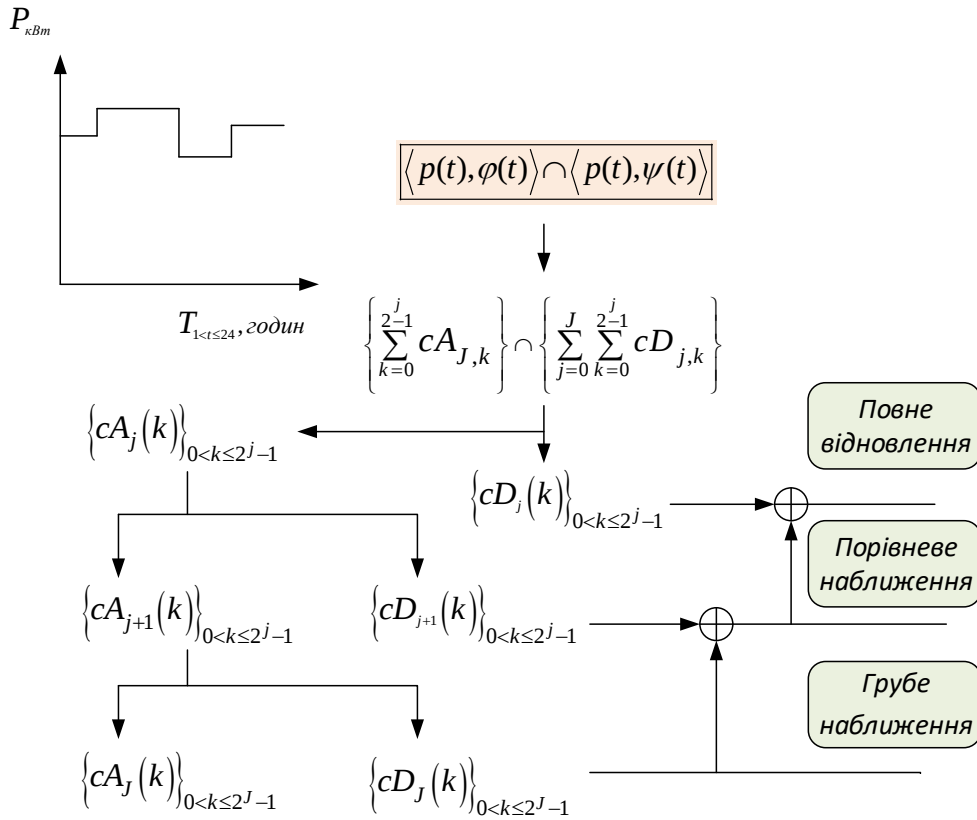


Рисунок 1.2 – Структурно-функціональна модель ГЕН

J – останній рівень вейвлет-декомпозиції ($J = 5$)

Аналізуючи рис. 1.2 та вираз (12) можна зазначити, що дана модель будується розкладанням сигналу на апроксимуючу частину $\{cA_j(k)\}$ та деталізуючі рівні $\sum_{j=1}^5 \sum_{k=0}^{31} cD_j(k)$, а відновлення вихідного сигналу може проводитись із необхідною точністю для аналізу моделі.

На п'ятий рівень моделі приходить найбільш груба апроксимація ГЕН $\{P_5(k)\} = \{cA_5(k)\} + \{cD_5(k)\}$. Підняття на один рівень моделі вгору приводить до уточнення вихідного сигналу і на останньому рівні – першому, повністю відновлюється вихідний сигнал $\{P(k)\} = \{cA_5(k)\} + \{cD_5(k)\} + \dots + \{cD_1(k)\}$.

Представлена розроблена модель дозволяє однозначно представляти ГЕН і, в залежності від поставленої задачі, відновлювати його з необхідною точністю (від 50 % до 100 %). Тобто, реалізується можливість з необхідною точністю наближувати найбільш важливі ділянки ГЕН (ділянки максимумів навантаження та його спаду, окремі ділянки ГЕН промислового підприємства для більш детального їх аналізу і т. д.). Також, така побудова інформаційної моделі ГЕН дозволяє суттєво (у десятки разів) стискати інформаційні потоки при електроспоживанні.

Література.

1. Залмазон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. – М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1989. – 496 с.

2. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов/Л. Рабинер, Б. Гоулд. М.: Мир. – 1978. – 848 с.
3. Праховник А.В. О построении информационной модели электропотребления/Вестник Киевск. Политехн. Ин – та. Горная электромеханика и автоматика. – 1976. – вып. 7. – С. 44 – 46.
4. Chow C.K. An Optimum Character Recognition System using Decision Functions/IRE Frans. On Electr. Comp. – EC-6. – 1957. – P. 247 – 254.
5. Akansu A. Multiresolution Signal Decomposition/A/ Akansu, R. Haddad//Academic Press. 1993. – 499 p.
6. Meyer Y. Wavelet and Operators/Cambridge Studies in Advanced Mathematics, 37. – 1992. – 240 p.
7. Coifman R.R. In Wavelets and their Applications/ R.R. Coifman, Y. Meyer//Digital and Signal Processing. 1992, V. 7, P. 153 – 178.
8. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 671 с.
9. Davis G.M. Adaptive time-frequency decompositions/G.M. Davis, S. Mallat, Z. Zhang//SPIE J. of Opt. Engin. – 1994. - Vol. 33(7). – P. 2183 – 2191.
10. Aldroubi A. Families of multiresolution and wavelets spaces with optimal properties/A. Aldroubi, M. Unser//Numer. Functional Anal. and Optimization, 1993. V. 14. – P. 417 – 446.
11. Меркушева А.В. Классы преобразований нестационарного сигнала в информационно-измерительных системах. II. Время-частотные преобразования/Научное приборостроение, - 2002, - том 12, - №2, - С. 59 -70.

УДК 621.316.7

A.V. Voloshko

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

T.E. Dzheria

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

INFORMATION MODEL OF QUANTITATIVE PARAMETERS OF ELECTRICITY CONSUMPTION MODE - ELECTRIC LOAD GRAPHICS (ELG)

The aim of the work is to form a model of the information flow of power supply mode parameters by means of adaptive orthogonal transformation - "wavelet analysis" and to determine the main properties of this process. Multiple-scale analysis was performed. The advantages and a number of limitations in the application of this model for the formation of a single (generalized) information space are identified. The structural-functional model of ELG is visualized, which is a hierarchical structure of comparative frequency-ordered and interconnected wavelet coefficients.

Keywords: electric load graph (ELG), information flow, "wavelet analysis", multiple-scale analysis (MSA), singularity, comparative approximation.

References.

1. Zalmazon L.A. Fourier, Walsh, Haar transforms and their application in control, communication and other fields. - М.: Nauka.- math. lit., 1989. -- 496 p.
2. Rabiner L. Theory and application of digital signal processing / L. Rabiner, B. Gould, Moscow: Mir. - 1978. -- 848 p.
3. A. V. Prakhovnik On the construction of an information model of electricity consumption / Bulletin of the Kiev Polytechnic Institute. Mining electromechanics and automation. - 1976. - number 7. - S. 44 - 46.
4. Chow C.K. An Optimum Character Recognition System using Decision Functions/IRE

Frans. On Electr. Comp. – EC-6. – 1957. – P. 247 – 254.

5. Akansu A. Multiresolution Signal Decomposition/A/ Akansu, R. Haddad//Academic Press. 1993. – 499 p.

6. Meyer Y. Wavelet and Operators/Cambridge Studies in Advanced Mathematics, 37. – 1992. – 240 p.

7. Coifman R.R. In Wavelets and their Applications/ R.R. Coifman, Y. Meyer//Digital and Signal Processing. 1992, V. 7, P. 153 – 178.

8. Malla S. Wavelets in Signal Processing: Translated from English. - M.: Mir, 2005. -- 671 p.

9. Davis G.M. Adaptive time-frequency decompositions/G.M. Davis, S. Mallat, Z. Zhang//SPIE J. of Opt. Engin. – 1994. - Vol. 33(7). – P. 2183 – 2191.

10. Aldroubi A. Families of multiresolution and wavelets spaces with optimal properties/A. Aldroubi, M. Unser//Numer. Functional Anal. and Optimization, 1993. V. 14. – P. 417 – 446.

11. A.V. Merkusheva Classes of transformations of a non-stationary signal in information-measuring systems. II. Time-frequency transformations / Scientific instrument making, - 2002, - v. 12, - No. 2, - P. 59 -70.

СЕКЦІЯ 2.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТА ІНЖИНІРИНГ

UDC 691.1¹**Zekeriya Gumus, Iryna Sukhodub**

Heat engineering and energy saving department.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS AND TECHNICAL SOLUTIONS ON THE ENERGY PERFORMANCE OF A COMMERCIAL BUILDING IN TURKEY

The paper presents the energy modelling results for a commercial building located in different climatic zones of Turkey using different normative U-values for respective locations. The analysis includes the calculation of heating and cooling load, as well as annual energy consumption for heating, cooling, lighting, equipment and hot water preparation depending on building envelope specifications and climatic conditions. Since the analysis has been performed with the use of simplified HVAC systems modelling approach the next step will be more detailed investigation of technical systems options.

Key words: *building energy performance, building energy modelling, building envelope, climatic zones, heating load, cooling load*

Introduction. In the framework of this study, building modeling was carried out in order to evaluate the current situation and to bring logical energy efficiency design solutions for a commercial building in Turkey. Energy modeling is the process of building computer modeling in order to analyze its thermal state and energy performance indicators. Such models often employ scenario analysis to investigate different assumptions about the technical and economic conditions. Outputs may include the system feasibility, greenhouse gas emissions, cumulative financial costs, natural resource use, and energy efficiency of the system under investigation. A wide range of techniques are employed, ranging from broadly economic to broadly engineering [1].

Purpose and objectives of the research. The objective of the paper is to analyze the building energy performance indicators, such as heating/cooling loads and final energy consumption, for a commercial building in Turkey depending on climatic conditions and normative building envelope specifications. This analysis is essential for the further investigation of technical systems options.

Research materials and results.

In order to assess building energy performance indicators building energy modelling using specialized software has been performed. Building geometry has been created in DesignBuilder [2], a graphical interface for EnergyPlus software [3]. EnergyPlus is one of the most sophisticated and widely used software used for building energy modelling. It is capable both to perform heating and cooling design calculations and to model the whole year energy need and energy consumption for different end uses, e.g. heating, cooling, service hot water, lighting, interior and exterior equipment, fans and pumps.

In order to use dynamic energy modelling in Turkey, three different cities and their respective normative U-values are selected. These cities are located in three different climate zones of Turkey in order to see the difference between the models more easily. These cities are: Ankara (3rd zone), Istanbul (2nd zone) and Izmir (1st zone). Distribution of climatic zones can be seen on the Figure 1.

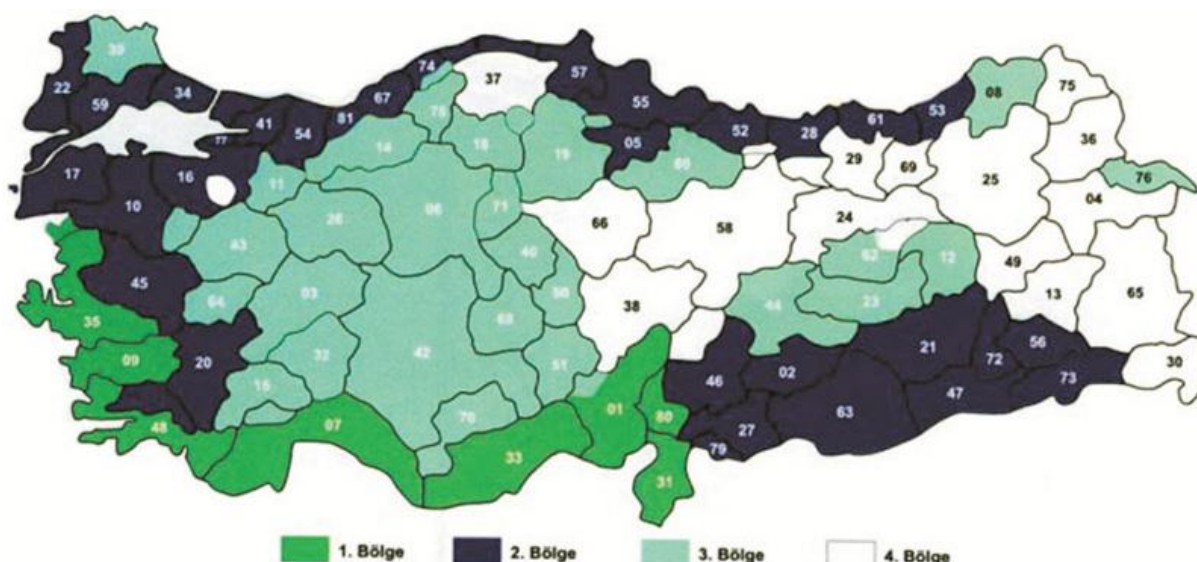


Figure 1 – Climate zones in Turkey [4]

For these climate zones and locations, the following normative U-values are valid:

Table 1 – Normative U-values for building envelope constructions [4]

Regions defined in TS-825	Walls U_D (W/m ² K)	Ground floor U_T (W/m ² K)	Floor U_t (W/m ² K)	Windows U_P (W/m ² K)
1.Region	0.80	0.50	0.80	2.80
2.Region	0.60	0.40	0.60	2.80
3.Region	0.50	0.30	0.45	2.80
4.Region	0.40	0.25	0.40	2.80

Building energy model takes into account building geometry, building envelope constructions, environmental set-points, exterior climatic conditions, systems types and efficiencies, internal heat gains, work schedules and other parameters. External environmental conditions are accepted based on International Weather for Energy Calculations (IWEC) files for Ankara, Istanbul and Izmir. Profiles of outdoor air temperatures and solar radiation are given on the figures below.

As seen in Figure 2 and Figure 3, cities in 3 different locations and different climatic zones in Turkey were selected. And accordingly, these 3 cities have different U-values. As it can be understood, the coldest of these cities is Ankara (the capital of Turkey), Istanbul is located in the middle, and Izmir is in the hottest climate zone. Although Istanbul and Izmir are located in different climatic zones, since Turkey is not a country with sharp differences between climate zones, these two cities can sometimes provide similar results during the energy modeling. Especially since Ankara is a city located in a continental climate, it is dry and hot in summers and cold and rainy in winters. Figures 2 and 3 confirm this information. On the contrary, Istanbul and Izmir are located in the Mediterranean climate zone. In these seaside cities, the weather is very humid and the winter months are milder.

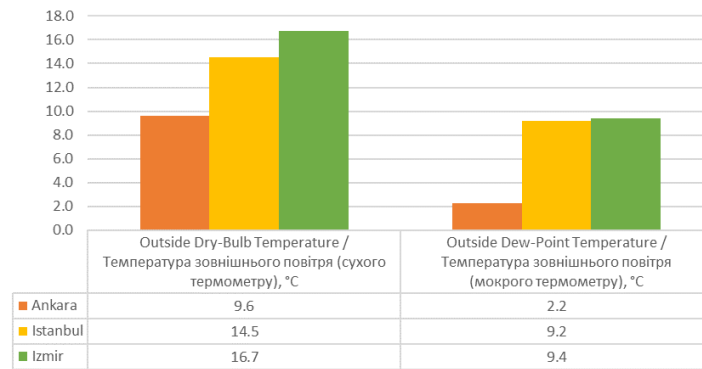


Figure 2 – Annual outside air temperature for different locations

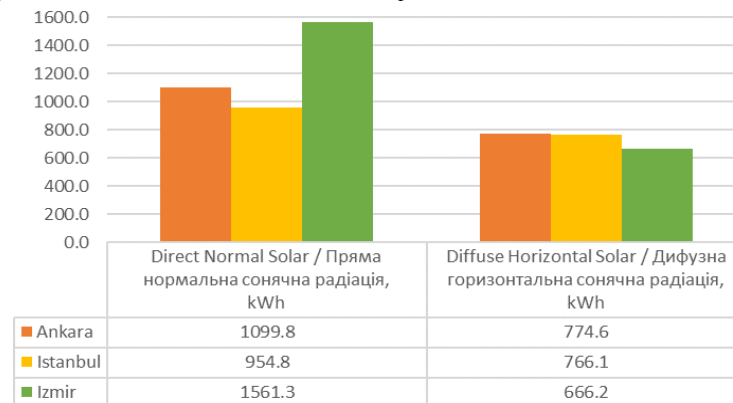


Figure 3 – Annual data on solar radiation for different locations

Building geometry was based on the actual administrative building located in Kyiv, Ukraine. The model was first calibrated and checked with the use of historical energy consumption. Further, building envelope constructions have been changed according to norms in Turkey for each of the locations. Building envelope thermophysical properties have been modelled for building models for the following constructions: exterior walls, roof, ground floor, windows and doors. Each of the construction materials were characterized by conductivity, specific heat and density, that provides the possibility not only to calculate U-values of building envelope constructions, but to take into account thermal inertial properties as well. 3-D view of the building model and typical floor zoning can be found on the following figures.

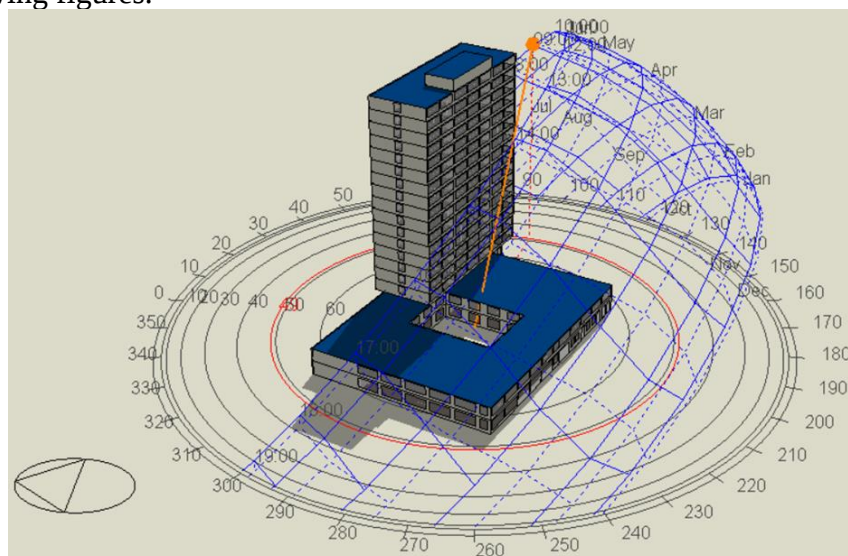


Figure 4 – 3-D model of the commercial building

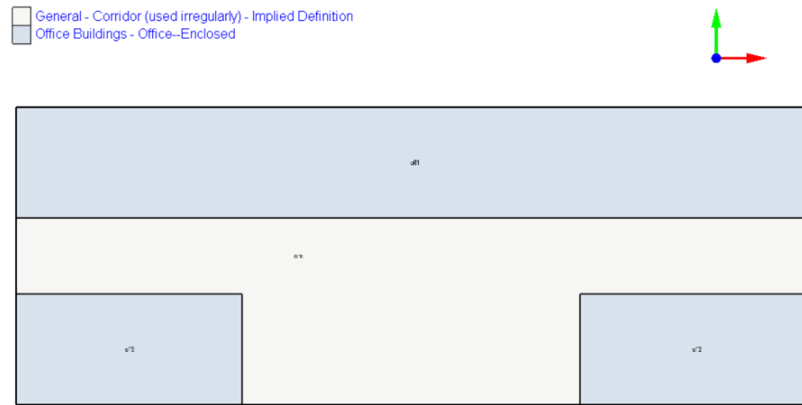


Figure 5 – Typical floor zoning

The following input data has been used in the model:

- Gross building area – 16900 sq.m.
- Occupancy density – 10 sq.m. per person
- Lighting power density – 6.5 W per sq.m.
- Equipment power density – 7.5 W per sq.m.
- Ventilation floor rates – 7 l/s per person + 0.7 l/s per sq.m.
- Infiltration – $n_{50} = 1.5 \text{ h}^{-1}$
- Heating set-point / setback – 20/17 °C
- Cooling set-point / setback – 26/32 °C

HVAC system has been modelled with the use of simplified approach and following data:

- HVAC template – fan coil unit + air cooled chiller + natural gas boiler
- Mechanical ventilation – sum per person + per area, energy recovery efficiency – 0.75
- Seasonal heating efficiency – 0.85
- Seasonal cooling efficiency – 1.8
- Seasonal DHW efficiency – 0.85

Heating load calculations results for different locations are presented on the figures below.

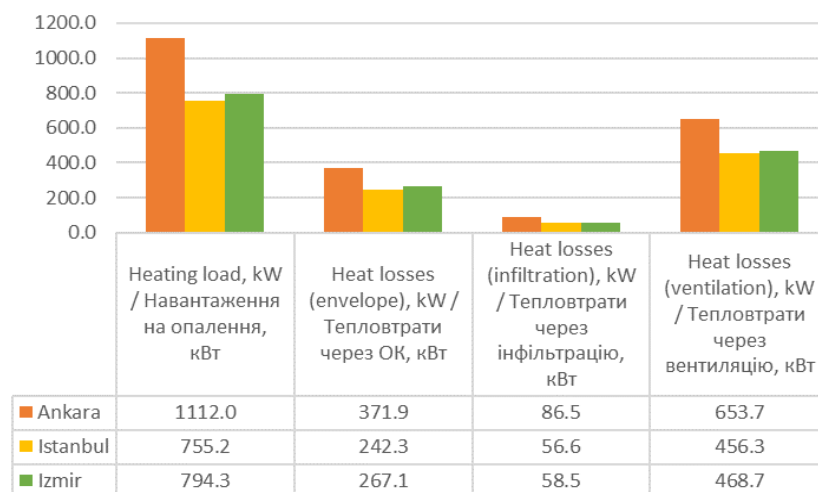


Figure 6 – Heating load modeling results

While the heating load shows the highest value in Ankara located in the 3rd climate zone, it is lower than 800.0 kW in the cities of Istanbul and Izmir which are located in the 2nd and 1st regions. However, as it can be seen in the figure ventilation, infiltration, and envelope heat losses in Ankara

are 15-20% higher than the other two cities.

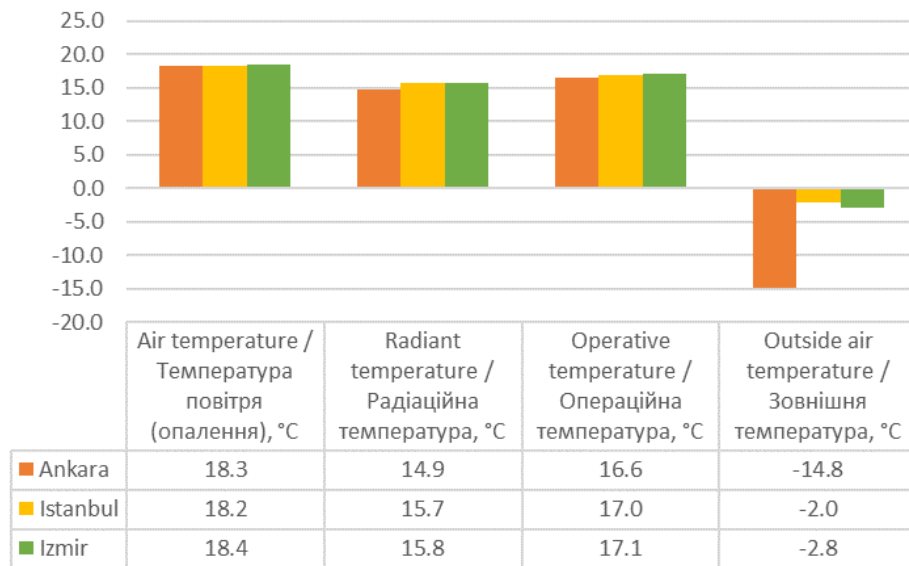


Figure 7 – Comfort and site data for heating load calculations

Cooling load calculations results for different locations are presented on the figures below.

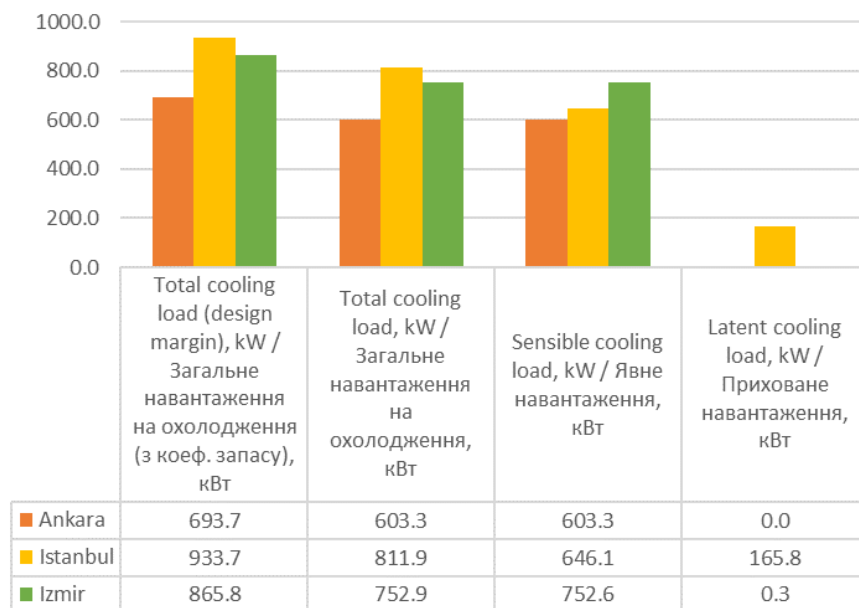


Figure 8 – Cooling load calculation results

The cooling load shows the highest value in Istanbul (933.7 kWh) located in the 2nd climate zone, it is 865.8 kWh in the city of Izmir (1st zone) and 693.7 kWh in the city Ankara (3rd zone). In addition to this, since Istanbul is a densely populated city and consequently, it is a city where commercial buildings are used more frequently, the cooling load is higher than in the other cities.

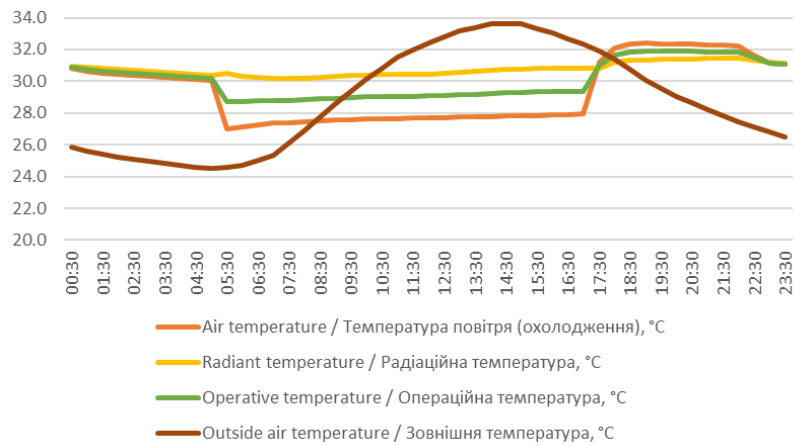


Figure 9 – Comfort and site data for cooling load calculations (Istanbul)

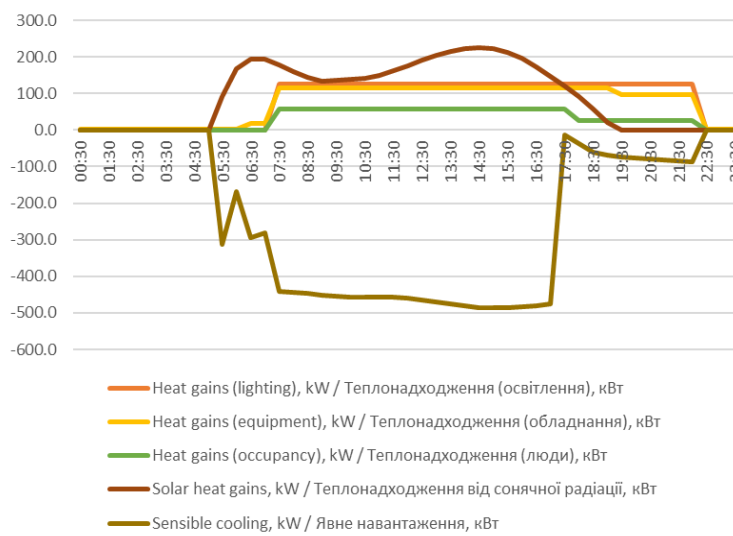


Figure 10 – Heat gains contribution for sensible cooling load calculation (Istanbul)

Annual modelling results include the data on final energy consumption for heating, cooling, lighting, equipment and DHW, comfort and site data for different locations in Turkey.

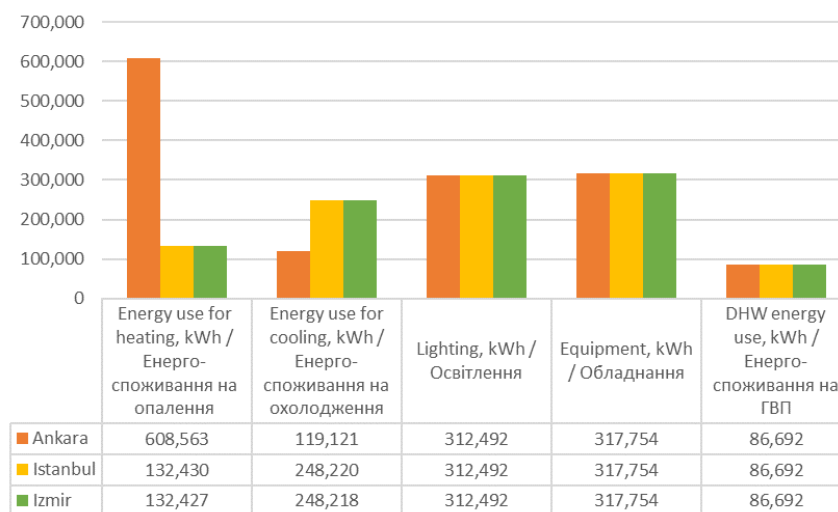


Figure 11 – Annual energy consumption for different locations in Turkey

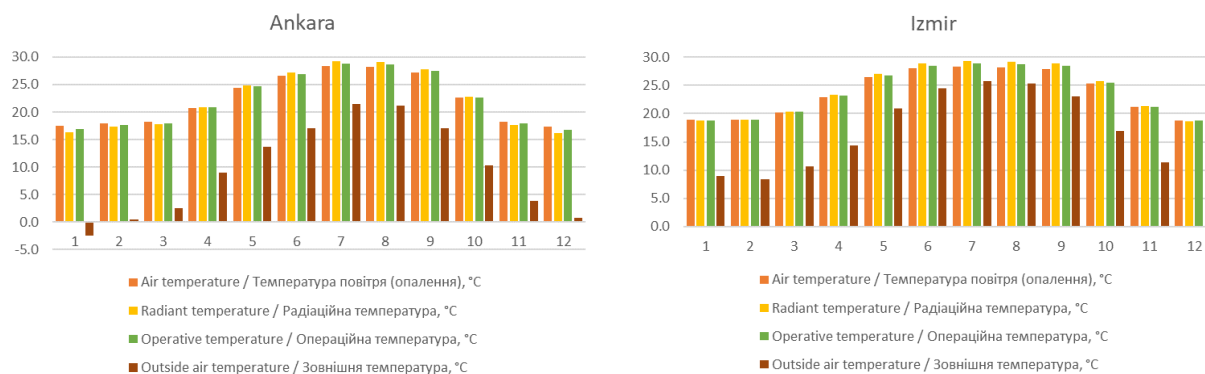


Figure 12 – Annual modelling results for comfort and site data

Conclusion. In the light of the performed analysis, the numerical values known in theory were simulated by modeling and comparison was made for different results under different conditions. During modeling, IWEC data, Turkish Republic standards and European standards were taken as reference. As a result of this analysis performed with the use of different U-values and different climatic conditions, it was determined that Izmir and Istanbul are locations where the heat load and heat losses are lower, on the contrary, the cooling load and outside dew-point/dry-bulb temperature are higher. Ankara, on the other hand, is like a city with continental climate characteristics, with hot and dry summers and cold and rainy winters. And the analysis / modeling results also proved that when these data were brought together, the heating load and heat loss were very high, on the contrary the cooling load and outside dew-point/dry-bulb temperature were very low. Similar results have been obtained for annual energy use for heating, cooling, lighting, equipment and DHW. However, in Ankara, energy consumption for heating is higher and the energy consumption for cooling is lower compared to Istanbul and Izmir.

Next steps will include the detailed HVAC modelling for the following types of systems:

- VRF with heat recovery and dedicated outdoor air system (DOAS)
- FCUs – Air cooled chiller + HW heating + DOAS
- FCUs – Water cooled chiller with fluid cooler + HW heating + DOAS
- FCUs – Water cooled chiller with cooling tower + HW heating + DOAS

References:

1. Chun Sing Lai, Giorgio Locatelli, Andrew Pimm, Xiaomei Wu, Loi Lei Lai. A review on long-term electrical power system modeling with energy storage. Journal of Cleaner Production Volume 280, Part 120 January 2021
2. DesignBuilder v7.0.0.08, <https://designbuilder.co.uk/>
3. EnergyPlus 9.5.0, <https://energyplus.net/>
4. Schimschar, S., Boermans, T., Kretschmer, D., Offermann, M., Ashok, J. (2016). U-value maps Turkey (Final Report). ECOFYS. Project number: BUIDE15722.

UDK536.24; 62.971

L.A. Gerasimenko master's degree, **A.S. Gavrish**, Ph.D., Associate Professor
National technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Heat Power Faculty, Nuclear Power Plants and Engineering Thermal Physics Department
(NPP & ETPh Dept.).

ABOUT MODERN HEAT EXCHANGE SURFACES AND CONDITIONAL CYCLE OF CONDENSATION

Annotation– The analysis of the features of modern condensation surfaces bearing self-healing coatings is carried out. The possibility of obtaining super hydrophobic, hydrophobic and super hydrophilic heat exchange surfaces along with the existing hydrophilic ones is considered. The coexistence of various types of condensate formations in this case can be characterized by the contact angle and the conditional cycle of the process. The hysteresis of the contact angles (static equilibrium, leakage and ejection) for known types of heat transfer fluids and heat exchange surfaces is leveled when passing to super hydrophobic surfaces. The description of the variety of condensation processes, carried out using the concept of a conditional cycle, receives a number of features for super hydrophobic surfaces.

Key words – modern condensation surfaces, contact angle, conditional cycle, heat exchanger, heat exchange.

УДК536.24; 62.971

Л.О. Герасименко магістр, **А.С. Гавриш**, к.т.н., доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Теплоенергетичний факультет, кафедра Атомних електричних станцій і інженерної
теплофізики (АЕС і ІТФ)

ПРО СУЧАСНІ ПОВЕРХНІ ТЕПЛООБМІНУ І УМОВНИЙ ЦИКЛ КОНДЕНСАЦІЇ

Анотація – Проведений аналіз особливостей сучасних поверхонь конденсації, що несуть на собі покриття, які самовідновлюються. Розглянута можливість отримання супер гідрофобних, гідрофобних і супер гідрофільних теплообмінних поверхонь разом з існуючими гідрофільними. Співіснування при цьому різних типів конденсатних утворень може бути охарактеризоване за допомогою крайового кута змочування і умовного циклу процесу. Гістерезис крайових кутів (статичного рівноважного, натікання і відтікання) для відомих типів теплоносіїв і теплообмінних поверхонь нівелюється при переході до супер гідрофобних поверхонь. Опис різноманіття конденсаційних процесів, що проводиться з використанням поняття умовного циклу, отримує ряд особливостей для супер гідрофобних поверхонь.

Ключові слова – сучасні поверхні конденсації, контактний кут, умовний цикл, теплообмінник, теплообмін.

Introduction

Existing current and future condensation surface coatings must be stable, have a wide range of capabilities and allow process control. The specific combined surface allows complex and effective

use of the action of surface tension forces. This is manifested in the conditional condensation cycle [1-2].

The discovery of Wilhelm Bartlott (in 1975) regarding the specific surface of the Lotus leaf in the form of microscopic tubercles, bearing nano-hairs, makes it possible to obtain the effect of a super hydrophobic surface together with the effect of self-cleaning and the possibility of droplets bouncing.

Analysis of the state of question

Surfaces with contact angles Θ from $148-150^\circ$ to maximum 180° are considered super hydrophobic. In this case, the hysteresis of the contact angles - static, leakage and swelling - should be low, and in the extreme case, zero. In the case of 180° , there should be no difference between all contact angle options.

Recently, successes have been achieved in obtaining super hydrophobic surface coatings not only for copper, copper-containing alloys, but also for aluminum, aluminum alloys and steel [1-2]. However, the durability of the coating, including when exposed to thermal radiation, can affect the contact angle, significantly varying it during the operation of the surface. This does not exclude the possibility of a transition from super hydrophobic surface properties to simply hydrophobic properties, then hydrophilic, up to super hydrophilic and vice versa. All this affects the mechanism of the condensation process, finding its manifestation in the conditional condensation cycle.

Aim of work

One to analyze the features of modern heat-exchange surfaces, regional corners of moistening, conditional cycle of condensation. One consider hydrophobic, super hydrophobic, hydrophilic and super hydrophilic surfaces.

Results of researches

Atomic power microscopes, scanning probe microscopes, scanning electron microscopes, and transmission electron microscopes make it possible to trace the features of the resulting modern heat transfer surfaces. The radius of curvature of the tip of the probe in the case of electron microscopy is required on the order of 10-50 nm. However, it is not always possible to monitor the state of the heat exchange surfaces directly during operation when exposed to various types of condensate formations. In this regard, optical microscopes are indispensable.

The production of all modern heat exchange surfaces can be classified in two main directions [1-2]: "top - down" and "bottom - up". The technology of crushing substances (mechanically or chemically) to the nano scale with subsequent application to the surface is called "top-down". In turn, molecular synthesis from individual atoms and molecules is called "bottom-up" technology. The second direction somewhat prevails over the first.

Molecular assembly of coatings can be realized in the form of two- or three-dimensional chains. In this regard, the use of nano tubes is considered promising, such as hexagonal graphite planes rolled into a tube with a hemispherical head - graphenes. Another important element is molecular compounds such as convex polyhedral of an even number of three coordinated carbon atoms - fullerenes. The fullerene coating is based on nano particles with a diameter of $0.7 \text{ nm} = 7\text{\AA}$. Such coatings are hundreds of times stronger and, at the same time, six times lighter than steel. In addition, aqueous solutions of fullerenes are powerful antioxidants.

Modern multifunctional substances are able to give the effect of an ideal oil film and withstand significant temperatures. They are used in various lubricants. At moderate temperatures, nano particles of such substances are able to adhere to damaged areas of the coating on the heat exchange

surface (Fig. 1).

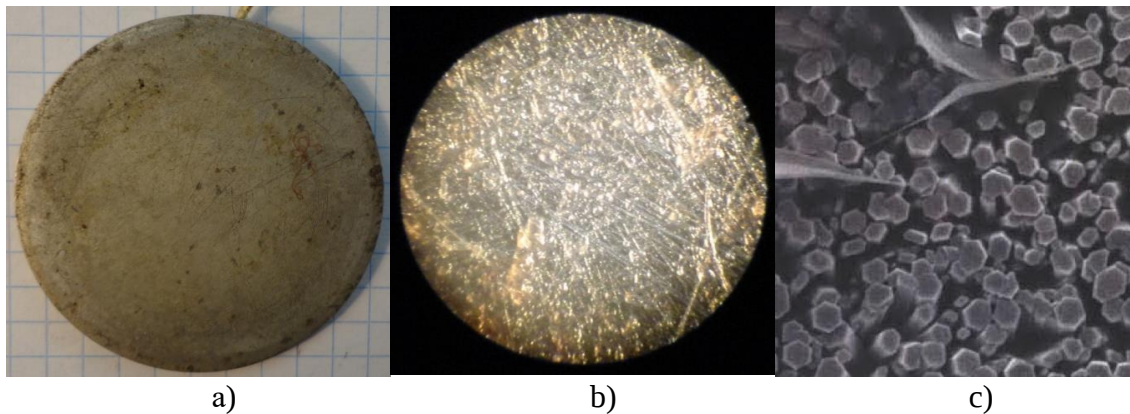


Figure 1 - Types of condensation surfaces: a) untreated hydrophilic HFL; b) hydrophobic HFB with optical magnification; c) super hydrophobic SHFB with electronic magnification.

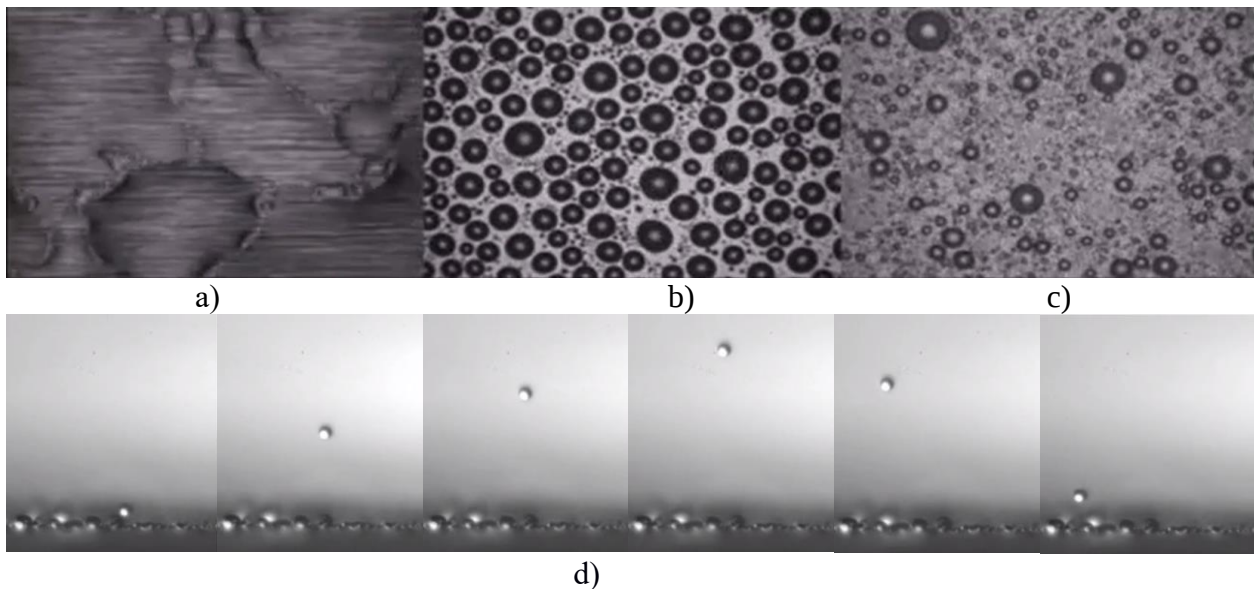


Figure 2 - Visual picture of the condensation process: a) film mode on the hydrophilic surface of the HFL; b) drip mode on the hydrophobic surface of HFB; c) drip mode with droplet rebound (d) on the super hydrophobic surface of the GFB; d) the dynamics of the rebound of drops on a super hydrophobic surface.

Allotropic forms of carbon (for example, carbene), aero gels - “frozen smoke”, and foam made of tubular carbon fibers open up new possibilities.

It cannot be excluded from consideration that self-organized coating mono layers can have structural defects that reduce hydrophobicity (Fig. 1). The correct packing of the monolayer affects the contact angle. Mechanically organized mono layers allow contact angles of the order of 130° to be obtained. The associated surface roughness also affects the inlet and outflow angles. Contact angle hysteresis can reach $85-100^\circ$ in the region bordering between hydrophilic and hydrophobic states. At contact angles of the order of $170-175^\circ$, the hysteresis is minimized and reaches $1-2^\circ$.

A number of modern coatings are characterized by a reversible conformational transition with the formation of elongated and helical chains upon heating and cooling. We are talking [1] about the temperature dependence of the contact angle of wetting. It is possible to achieve a transition from super hydrophobicity to super hydrophilicity with a change in the contact angle hysteresis. In this

case, it is also possible to achieve multiple switching of wetting modes without degradation of the coating.

Such a complex and complex situation with heat transfer surfaces, their coatings and contact angles for condensate formations is reflected in the visual picture of the process (Fig. 2). In addition to the possibility of coexistence in the dynamics of drops and local films, the effect of rebound of condensate from super hydrophobic surfaces appears. All this can be described using a conditional condensation cycle, as shown in Fig. 3. The processing of a large number of photo and video material allows us to speak with a certain degree of convention about the average, periodically repeating picture of the process.

The development of condensate formations occurs from the minimum embryonic size to the maximum separation. The division into standard sizes in the cycle can be arbitrary. It is advisable to carry out averaging both within the limits of a separate standard size and the development cycle as a whole. As we approach the super hydrophobic state, the conditioned cycle time will sharply decrease. The rebound property is possessed only by drops of certain standard sizes (Fig. 3b), which allows us to talk about alternative methods of condensate drainage and the need to take this into account when determining the intensity of heat transfer.

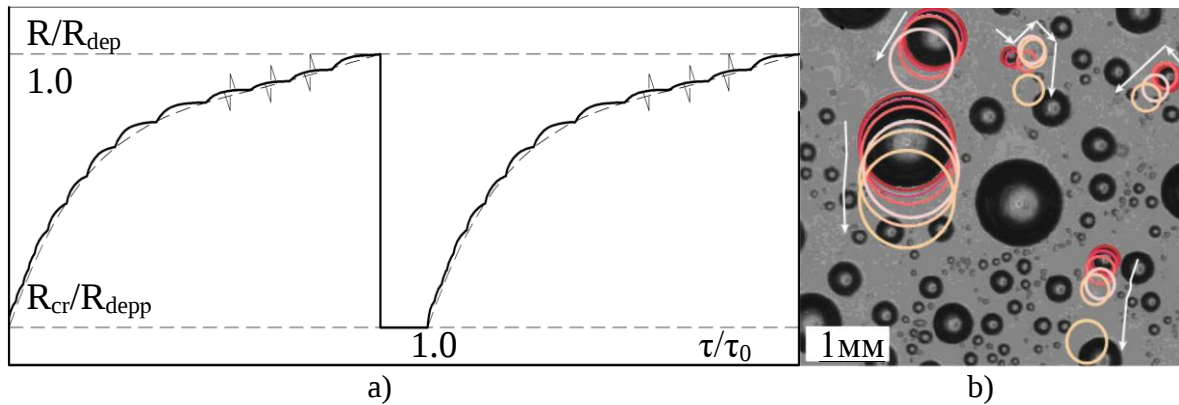


Figure 3 - Conditional cycle of the condensation process: a) the averaged picture of the process taking into account the effects of the rebound of drops of certain standard sizes (zigzags); b) a diagram of the movement of drops on the heat exchange surface.

The concept of a conditional condensation cycle makes it possible to calculate heat transfer using a dimensionless complex of space-time development of the condensation process A . This complex allows one to describe both pronounced A_{di} drops (formula 1) and local films A_{fj} (formula 2). The calculation is carried out for condensate formations of a certain standard size: drops, and local films. It takes into account their spatial development ($S \cdot \Delta N$). Where S is the occupied surface area, m^2 ; and ΔN is the number of formations in accordance with the size distribution function, $1/m^2$. The time factor of existence $\Delta \tau$ of each of n classes of drops and m classes of local films refers to the cycle τ_0 (Fig. 3). The division into classes can be arbitrary: $i = 1 \dots n$ for drops and $j = 1 \dots m$ for films. The heat transfer intensity factor is determined relative to the Nusselt solution α_{Nu} . Moreover, for each standard size of condensate formations, the model of thermal conductivity proposed by Rose in the determination of is considered. The total factor A_s for coexisting droplets and local films is calculated by the formula 3. The calculation of the average heat transfer coefficients α_{calc} is carried out in accordance with the formula 4.

$$A_{di} = \frac{(S \cdot \Delta N)_{di} \cdot \Delta \tau_{di} \cdot \alpha_{di}}{\tau_0 \cdot \alpha_{Nu}} \quad (1)$$

$$A_{fj} = \frac{(S \cdot \Delta N)_{fj} \cdot \Delta \tau_{fj} \cdot \alpha_{fj}}{\tau_0 \cdot \alpha_{Nu}} \quad (2)$$

$$A_s = \sum_{i=1}^n A_{di} + \sum_{j=1}^m A_{fj} \quad (3)$$

$$\bar{\alpha}_{calc} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{A_{di}}{A_s} \alpha_{di} + \sum_{j=1}^m \frac{A_{fj}}{A_s} \alpha_{fj}}{n + m} \quad (4)$$

The presence of droplets rebound from the condensation surface is taken into account in the calculation as follows. For this, in accordance with the visual picture, it is necessary to take into account that the bounced drop frees the surface for condensate formation of a smaller standard size. And with a possible return of the bounced drop to the surface, a condensate formation of a larger size is formed (See zigzags in Fig. 3b).

Such an approach for determining heat transfer gives convergence with the calculation by balance relations with an error not exceeding the experimental one [4]. It should be noted that this approach has a certain limitation for super hydrophilic surfaces when one continuous condensate film is considered.

Conclusions

1. The resulting modern nano structured surfaces with enhanced strength characteristics of the coating are effective anticorrosive systems for metal substrates. Predicting the operation time of the encapsulated components is associated with the determination of the geometric dimensions of the coating defects, which must be promptly eliminated. This approach is integral to the study of the lifespan of lyophobic heat transfer surfaces.

2. For self-healing coatings, the possibility of including clusters with functional components is considered in order to restore damaged areas at the macro and micro levels. The functional components must be stable, effective and not manifest earlier than the intended time. Such substances include, for example, pH-sensitive components. In addition, coating modifiers based on nano tubes and nano fibers are considered. A concomitant factor to all of the above features of modern coatings of heat transfer surfaces is the Lotus effect. This effect, in turn, is reflected in the contact angles of wetting, their hysteresis, and, as a consequence, affects the cycle of condensation processes.

3. It is advisable to calculate heat transfer for the coexistence of different standard sizes of condensate formations and the possible rebound of drops using a conditional cycle and a dimensionless complex of space-time development.

LIST OF DESIGNATIONS

R - radius of drops, m;

α - is the heat transfer coefficient, $W / (m^2 \cdot ^\circ C)$;

Θ - wetting angle, angular degree;

τ - time, s.

Indices:

cr - critical embryonic radius;

dep - departure tear-off radius;

d - related to drops;

f - related to local films.

BIBLIOGRAPHY

- **Boinovich L.B., Emelianenko A.M.** Hydrophobic materials and coatings: principles of creation, properties and application. // Advances in chemistry. 2008.77 (7). P. 619-638.
- **Anti-icing** properties of super hydrophobic coatings from aluminum and stainless steel / L.B. Boynovich, A.G. Domantovsky, A.M. Emelianenko et al. // Bulletin of the Academy of Sciences. Chemical series. 2013. No. 2. P. 383-391.
- **Gavrish A.S., Gavrish S.A.** On the features of the contact angle of wetting and the mechanism of the condensation process // Proceedings of the International Conference RNKT-4. 2006. Vol.5. P.77-80.
- **A.S. Gavrish** On super hydrophobic surfaces and the mechanism of the condensation process // Proceedings of the International Conference SPTE. 2017. Vol. 1. P.277-278.

УДК 697.1

Гончаров Н.С.

Кафедра теплотехніки та енергозбереження

ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ПРИЛАДІВ-РОЗПОДІЛЮВАЧІВ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ У БАГАТОКВАРТИРНОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ

АНОТАЦІЯ: Було досліджено енергоспоживання багатоквартирної будівлі, в якій протягом останніх двох років функціонують прилади-розподільвачі теплової енергії. Проведено розподіл теплової енергії між приміщеннями, згідно із діючим законодавством. Представлено фактичні та приведені до нормальних значення енергоспоживання. Проведено аналіз енергоспоживання до та після введення приладів-розподільвачів в експлуатацію.

Ключові слова: енергоспоживання, багатоквартирна будівля, прилади-розподільвачі

ABSTRACT: The energy consumption of an apartment building, in which thermal energy distributors have been operating for the last two years, was studied. The distribution of thermal energy between the premises was carried out in accordance with the current legislation. The actual and normalized values of energy consumption are presented. The analysis of energy consumption before and after the commissioning of switchgear was carried out.

Key words: energy consumption, apartment building, distributors

Вступ

На сьогоднішній день, важливим та актуальним є питання індивідуального (квартирного) обліку теплової енергії в багатоквартирних будинках із централізованим теплопостачанням. В першу чергу, це обумовлюється постійним зростанням тарифів на централізоване опалення [1]. Населення є одним із основних споживачів теплової енергії в Україні. Кінцеве енергоспоживання домашніми господарствами у 2019 році складало 28,4% від загального. При цьому, за останні роки прослідковується тенденція до зменшення енергоспоживання в цьому секторі [2].

Важливим фактором у вирішенні питання енергодефіциту в країні є підвищення рівня енергоефективності, в тому числі будинків і споруд. Одним із завдань Енергетичної стратегії України до 2035 р. [3] є підвищення ефективності діючих систем централізованого теплопостачання, а також очікується модернізація та вдосконалення систем обліку.

Один із важливих елементів, що стимулює населення ефективніше використовувати теплову енергію в помешканнях – засоби будинкового та індивідуального (квартирного) обліку тепла. На сьогоднішній день, більшість будинків в Україні (близько 77% [4]) вже оснащено загальнобудинковими засобами обліку тепла, однак ще чимало будівель отримують платіжки за тепло за тарифами, залежно від теплового навантаження будівлі, без урахування реального споживання. З індивідуальним (квартирним) обліком тепла ситуація більш складна. В більшості новобудов із горизонтальною системою опалення, квартирні лічильники тепла закладаються ще на етапі проектування. Однак, більш старі багатоквартирні будівлі (збудовані до 2000 р.) таких систем або не мають, або мешканці встановлюють їх за власний рахунок. Ще складніша ситуація в будинках із вертикальною системою опалення: за такої схеми необхідно встановлювати лічильники перед кожним опалювальним приладом, а також встановлювати концентратор, який узагальнює отримані дані.

Альтернативою до теплових лічильників виступають так звані прилади-розподільвачі теплової енергії. На відміну від лічильників тепла, вони обраховують не кількість спожитої енергії, а її частку від загального споживання для кожного опалювального приладу в будівлі. Також прилади-розподільвачі не вимагають втручання в інженерні системи будинку, вони встановлюються безпосередньо на поверхні опалювального приладу і можуть бути використані для будь-яких систем опалення.

Мета та завдання

Головною метою цієї роботи є аналіз енергоспоживання багатоквартирної будівлі, в якій працюють прилади-розподільвачі теплової енергії. Завдання полягає у виконанні розподілу теплової енергії, згідно із діючою в Україні Методикою розподілу теплової енергії [5], проведенні аналізу енергоспоживання та виявленні основних проблем, при використанні приладів-розподільвачів тепла.

Об'єкт дослідження

Об'єкт дослідження – 18-ти поверхова житлова будівля із вертикальною двотрубною системою опалення та одним під'їздом. Система опалення виконана за незалежною схемою – через теплообмінник в індивідуальному тепловому пункті з погодним регулюванням. Трубопроводи та обладнання теплопункту обладнані ізоляцією. Автоматичні балансувальні клапани, для забезпечення налаштування збалансованого споживання теплової енергії – відсутні. Починаючи із 2019 року в будівлі введено в експлуатацію прилади-розподільвачі теплової енергії. В опалювальний період 2019-2020 років приладами-розподільвачами було обладнано 76 квартир. Три квартири відмовлялися від монтажу приладів, а в одній квартирі працює індивідуальна система опалення. На початок опалювального сезону 2020-2021 років приладами-розподільвачами були обладнані вже 78 квартир. Основні показники об'єкту наведені в таблиці 1. Типовий поверх будівлі зображено на рисунку 1.

Таблиця 1 – Основні показники житлового будинку

Найменування	Одиниці	Значення
Кількість поверхів	пов.	18
Рік вводу в експлуатацію	рік	2000
Загальна опалювальна площа приміщень	м ²	6966,53
Кількість квартир	кв.	80
Приблизна кількість мешканців	люд.	240
Загальна теплове навантаження на опалення	Гкал/год	0,377
Загальна кількість опалювальних приладів	шт.	340
Кількість стояків системи опалення	шт.	23

На одному поверсі будівлі знаходиться 5 квартир: однокімнатні – 1 шт., двокімнатні – 2 шт., трикімнатні – 1 шт., чотирикімнатні – 1 шт. На опалювальних приладах в квартирах та частині МЗК встановлено прилади-розподільвачі тепла фірми APTOR METRA, модель E-ITN 30. Дані з приладів-розподільвачів, за допомогою радіомодуля, передаються до концентраторів, розташованих, в даній будівлі, між шахтами ліфтів. Дані з концентраторів, через мережу інтернет, передаються до компанії, що надає послуги з їх обробки та розраховує обсяги нарахувань за спожите тепло мешканцями. Через невелике розташування концентраторів в даному будинку, шахти ліфтів створюють перешкоди для сигналу від приладів-розподільвачів до концентраторів, тому частину показань доводиться зчитувати за допомогою спеціального мобільного зчитувача пристрою RFU-40, який передає дані на мобільний додаток у вигляді зашифрованого файлу, який можна розшифрувати, використовуючи відповідне програмне забезпечення.

Для аналізу було надано дані про споживання тепла будівлею за останні три роки. Графік фактичного споживання тепла зображено на рисунку 2.

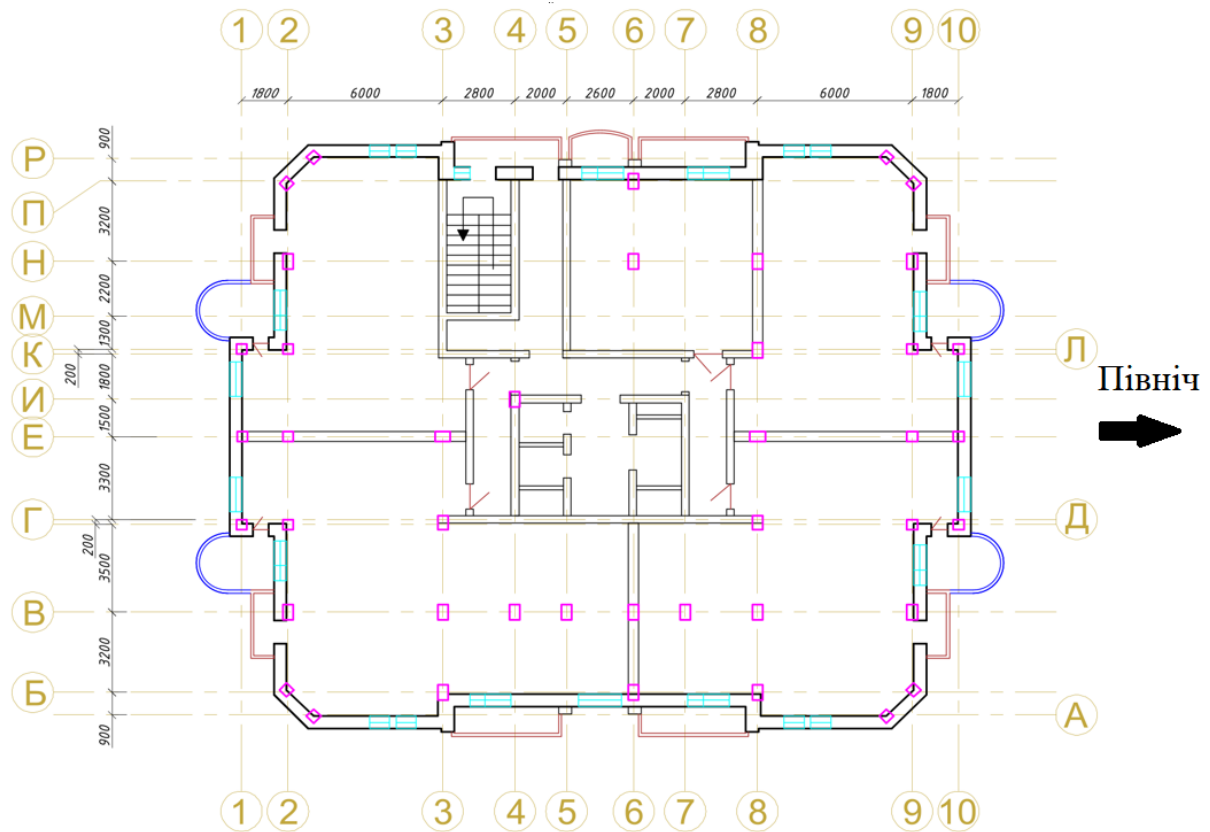


Рисунок 1 – Типовий поверх будівлі

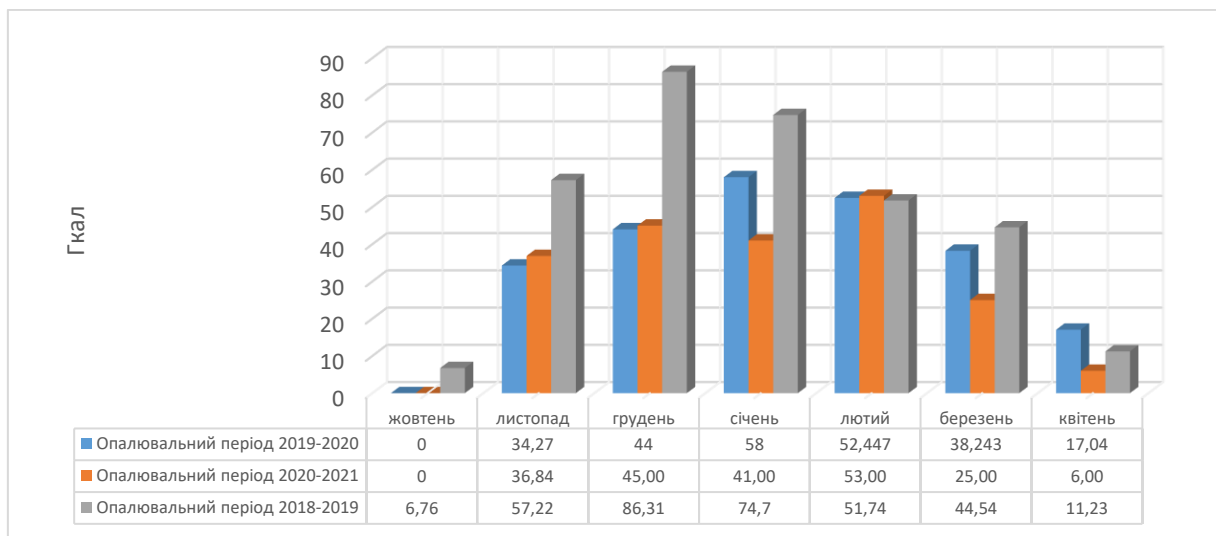


Рисунок 2 – Дані про фактичне споживання теплової енергії будівлею

Методика розподілу

Розподіл теплової енергії між приміщеннями, при використанні приладів-розподільовачів, виконується згідно із прийнятою Методикою [5]. За цією Методикою, питомий обсяг спожитої теплової енергії на опалення, визначений на одиницю вимірювання приладів-розподільовачів теплової енергії ($q_N^{\text{пр-роз}}$), розраховується за формулою:

$$q_N^{\text{пр-роз}} = Q_{\text{max пр.г}}^{\text{пр-роз}} / N_{\text{max пр.г}}, \text{ Гкал/од. вим. (1),}$$

де $Q_{\text{max пр.г}}^{\text{пр-роз}}$ – обсяг спожитої теплової енергії у приміщенні з найбільшою сумою показань приладів-розподільовачів теплової енергії, що припадає на один метр квадратний

його площі серед g -их приміщень, Гкал;

$N_{\max \text{ пр.}g}$ – найбільша серед g -их опалюваних приміщень, оснащених приладами-розподільниками теплової енергії, сума показань приладів-розподільників теплової енергії, визначена на один метр квадратний серед відповідних їм площ (у застосовуваних для них одиницях вимірювання, які співвідносяться з потужністю опалювального приладу, різницею між середньою температурою його поверхні та температурою повітря в приміщенні), одиниця вимірювання.

Обсяг спожитої теплової енергії у g -му опалюваному приміщенні, оснащеному приладами-розподільниками теплової енергії ($Q_{\text{пр.}g}^{\text{пр-роз}}$), розраховується за формулою:

$$Q_{\text{пр.}g}^{\text{пр-роз}} = q_N^{\text{пр-роз}} \cdot N_{\text{пр.}g}, \text{ Гкал}, (2),$$

де $N_{\text{пр.}g}$ – сума показань приладів-розподільників теплової енергії у g -му опалюваному приміщенні, опалювальні прилади якого оснащені приладами-розподільниками теплової енергії (у застосовуваних для них одиницях вимірювання, які співвідносяться з потужністю опалювального приладу, різницею між середньою температурою його поверхні та температурою повітря в приміщенні), одиниця вимірювання.

За рішенням мешканців будівлі, було прийнято рішення розраховувати споживання i -го радіатора, оснащеного приладом-розподільником теплової енергії ($q_i^{\text{пр-роз}}$), за розрахунковий період за наступною формулою:

$$q_i^{\text{пр-роз}} = N_i \cdot L_i \cdot P_i \cdot K_i, \text{ Гкал} \times \text{у.о.}, (3)$$

де N_i – кількість умовних одиниць на розподільвачі, що встановлено на i -му радіаторі за розрахунковий період, у.о.;

L_i – кількість секцій i -го радіатору, шт;

P_i – питома потужність i -го радіатору, Гкал, приймається за паспортними даними радіатора;

K_i – поправковий коефіцієнт, в залежності від розташування приміщення в будівлі.

Поправкові коефіцієнти розташування приміщень застосовуються відповідно до таблиці 2:

Таблиця 2 – Поправкові коефіцієнти для розподілу обсягу спожитої теплової енергії на опалення між окремими споживачами

Поверх	Поправковий коефіцієнт	
	кутової квартири (приміщення)	рядової квартири (приміщення)
Перший над неопалюваними приміщеннями	0,8	0,9
Перший над опалюваними приміщеннями	0,9	1
Середній	0,9	1
Середній над аркою або проїздом	0,9	0,9
Останній	0,8	0,9

Мешканцями будівлі було прийнято рішення відмовитись від використання цих коефіцієнтів.

Кінцеве споживання i -го радіатору (q_i) визначається за формулою:

$$q_i = \frac{Q_{\text{пр-роз}}}{\sum_i q_i^{\text{пр-роз}}} \cdot q_i^{\text{пр-роз}}, \text{ Гкал}, (4),$$

де $Q_{\text{пр-роз}}$ – кількість теплової енергії, що розподіляється між приладами-розподільниками теплової енергії, Гкал;

$\sum_i q_{\text{пр-роз}}^i$ – сумарне споживання всіх приладів, розрахованих за формулою (3), Гкал×у.о.

Згідно із Методикою, мінімальна частка середнього питомого споживання теплової енергії дорівнює 40-50% від середнього питомого споживання теплової енергії на опалення ($q_{\text{мін}}^{\text{оп}}$), тобто:

$$q_{\text{мін}}^{\text{оп}} = (0,4 \div 0,5) \cdot q^{\text{оп}}, \text{ Гкал/м}^2, (5),$$

де $q^{\text{оп}}$ – розподілене питома споживання теплової енергії для споживачів, приміщення яких оснащені вузлами розподільного обліку. Для даної будівлі значення $q_{\text{мін}}^{\text{оп}}$ було прийнято на рівні 40% від $q^{\text{оп}}$.

У кожному розрахунковому періоді, протягом опалювального періоду, перевіряється дотримання вимоги щодо мінімального споживання теплової енергії в опалюваних приміщеннях. У разі недотримання цієї вимоги опалюваному приміщенню дораховується обсяг теплової енергії ($Q_{\text{пр.г}}^{\text{дон}}$) за формулою:

$$Q_{\text{пр.г}}^{\text{дон}} = (q_{\text{мін}}^{\text{оп}} - Q_{\text{пр.г}}^{\text{пр-роз}}/S_{\text{пр.г}}) \cdot S_{\text{пр.г}}, \text{ Гкал, якщо } Q_{\text{пр.г}}^{\text{пр-роз}}/S_{\text{пр.г}} < q_{\text{мін}}^{\text{оп}}, (6),$$

де $S_{\text{пр.г}}$ – площа г-их опалюваних приміщень, оснащених приладами-розподільниками теплової енергії, м².

При прийнятому способі розподілу теплової енергії, виникає ефект, коли, внаслідок донарахування, сумарна кількість розподіленої теплової енергії перевищує ту, що була спожита фактично. Обсяг надлишкової теплової енергії ($Q_{\text{пр.г}}^{\text{знят}}$) пропонується знімати з тих приміщень, де донарахування не проводилось, пропорційно площі цих приміщень, за формулою:

$$Q_{\text{пр.г}}^{\text{знят}} = - \sum_g Q_{\text{пр.г}}^{\text{дон}} / \sum_g S_{\text{пр.г}}^{\text{знят}} \cdot S_{\text{пр.г}}^{\text{знят}}, \text{ Гкал, якщо } Q_{\text{пр.г}}^{\text{пр-роз}}/S_{\text{пр.г}} > q_{\text{мін}}^{\text{оп}}, (7),$$

де $\sum_g Q_{\text{пр.г}}^{\text{дон}}$ – загальна кількість донарахованого обсягу теплової енергії, в приміщеннях, обладнаних приладами-розподільниками, Гкал;

$\sum_g S_{\text{пр.г}}^{\text{знят}}$ – сумарна площа приміщень, оснащених приладами-розподільниками, де необхідно провести зняття, м²;

$S_{\text{пр.г}}^{\text{знят}}$ – площа приміщення, оснащеного приладами-розподільниками, де необхідно провести зняття, м².

Матеріали і результати досліджень

На рисунку 3 приведено порівняння загальнобудинкового споживання теплової енергії за останні опалювальні сезони. На рисунку 4 показано річне споживання тепла окремими поверхами, згідно із результатами розподілу. Споживання тепла приведено до нормального (Q_n) за наступною формулою:

$$Q_n = Q_{\text{ф}} \cdot \frac{\Gamma_{\text{Дн}}}{\Gamma_{\text{Дф}}}, \text{ Гкал, (8),}$$

де $Q_{\text{ф}}$ – фактичне споживання тепла в поточному місяці, Гкал;

$\Gamma_{\text{Дн}}$ – нормальна кількість градусо-днів, розрахована для кожного місяця, при умові, що внутрішня температура приміщень рівна 20°C;

$\Gamma_{\text{Дф}}$ – фактична кількість градусо-днів, розрахована для кожного місяця, при умові, що внутрішня температура приміщень рівна 20°C.

На рисунках 5 та 6 представлено порівняння даних розподілу фактичної кількості теплової енергії за Методикою та за площею.

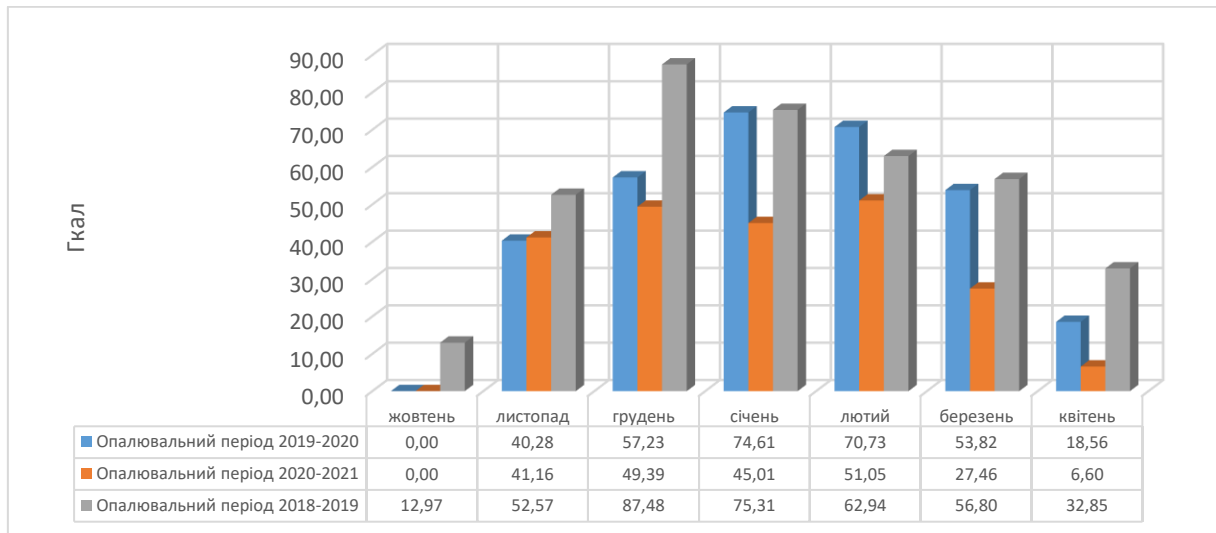


Рисунок 3 – Приведене до нормального споживання теплової енергії будівлею

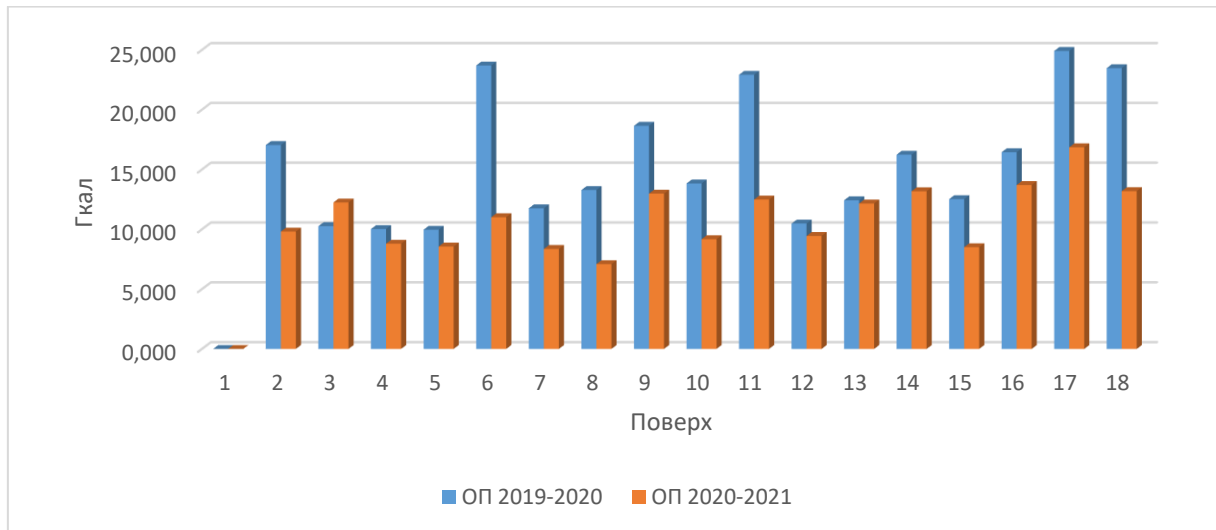


Рисунок 4 – Приведене до нормального річне споживання тепла окремими поверхами

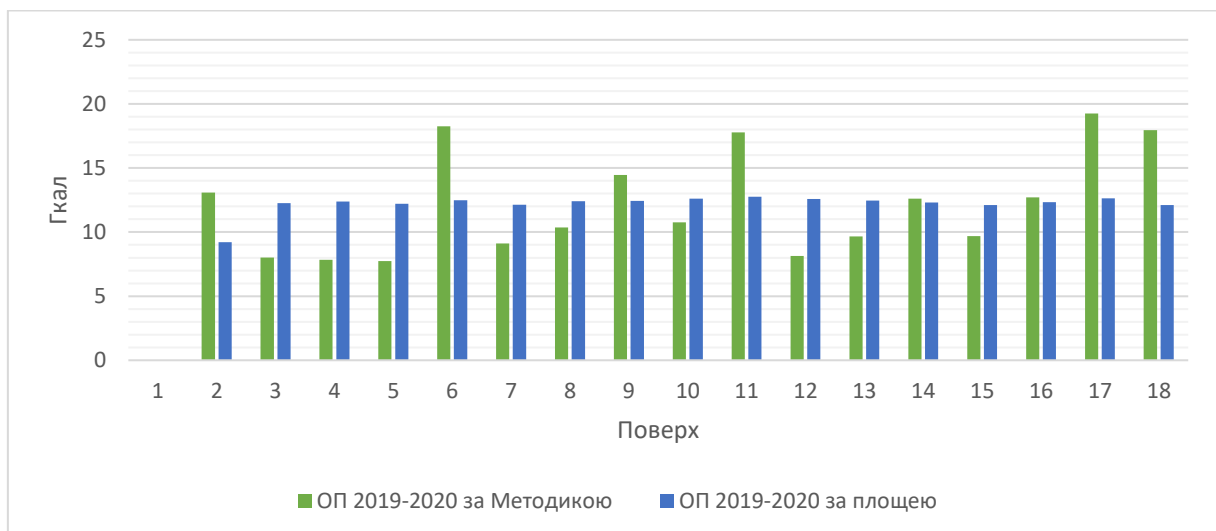


Рисунок 5 – Порівняння розподілу тепла за Методикою та за площею, для опалювального періоду 2019-2020 років

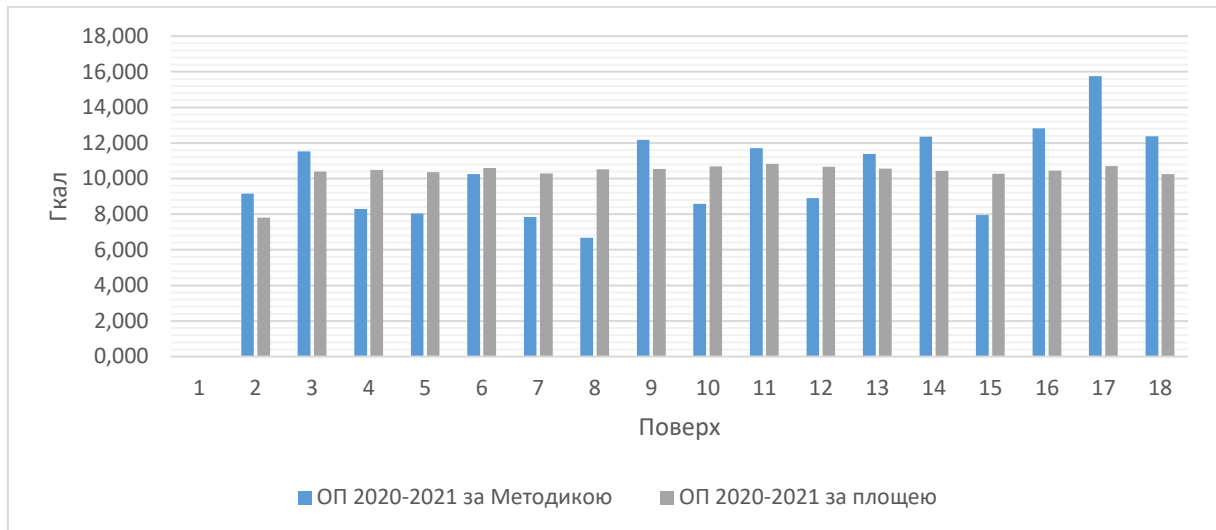


Рисунок 6 – Порівняння розподілу тепла за Методикою та за площею, для опалювального періоду 2020-2021 років

При порівнянні даних про річне споживання теплової енергії, приведеного до нормального, отримали наступне: за опалювальний сезон 2019-2020 років (перший рік вводу в експлуатацію приладів-розподільовачів), економія теплової енергії складала 17%, порівняно із опалювальним сезоном 2018-2019 років. Економія енергії, за опалювальний сезон 2020-2021 років, складає 42%, порівняно із опалювальним сезоном 2018-2019 років, та 15%, порівняно із опалювальним сезоном 2019-2020 років.

При порівнянні графіків розподілу теплової енергії за поверхами, можна побачити, що в другий рік роботи приладів-розподільовачів споживання тепла стало більш рівномірним, а піки споживання менш вираженими. Тим не менше, в обидва роки спостерігається збільшене споживання тепла на 9-му, 11-му, 17-му та 18-му поверсі. Причиною цього може бути як регулювання з боку мешканців будівлі, так і помилки в роботі приладів-розподільовачів: наприклад, в деяких приміщеннях присутні загородження перед опалювальними приладами, які призводять до підвищення температури повітря поблизу датчика приладу-розподільовача, що може призводити до завищення його показань. Підвищене споживання енергії, особливо на 18-му поверсі, може бути частково згладжене введенням поправкових коефіцієнтів. Також слід брати до уваги той факт, що знижене енергоспоживання, в деяких квартирах, є результатом відсутності в них мешканців протягом тривалого часу, згідно з інформацією від голови управління даного будинку.

Висновки

Узагальнюючи отримані дані, можна сказати, що, маючи уяву про реальне споживання теплової енергії квартирами, мешканці більш активно регулюють температуру в своїй приміщеннях, що призводить до економії теплової енергії та підвищення енергоефективності будівлі в цілому. Це говорить про доцільність використання приладів-розподільовачів теплової енергії в будівлях, де використання традиційних квартирних лічильників тепла є економічно невигідним або технічно складним процесом. Особливо актуально це для будинків із вертикальною системою опалення.

Однак точність розподілу, при використанні приладів-розподільовачів, не може бути досконально перевірена і залежить від багатьох факторів, в першу чергу від правильного виконання їх монтажу на опалювальних приладах та умов експлуатації впродовж опалювального сезону.

Список використаної літератури

1. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕП, Регулятор). URI: <https://www.nerc.gov.ua/> (дата звернення 25.04.2021).
2. Державна служба статистики України. URI: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 25.04.2021).
3. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. 66 с.
4. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. *Фонд енергоефективності. Квітень 2018 року*. URL: https://saee.gov.ua/sites/default/files/docs/1_Zubko.pdf (дата звернення 25.04.2021).
5. Про затвердження Методики розподілу між споживачами обсягів спожитих у будівлі комунальних послуг: Наказ міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України №315 від 22 листопада 2018. Зареєстрована у Міністерстві юстиції України 28 грудня 2018 року за № 1502/32954. 29 с.

СЕКЦІЯ 3.
ІНЖИНІРИНГ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

УДК 65.011.56

магістр А.О. Хомяк
д-р. техн. наук, проф. В.П. Розен
канд. техн. наук, доц. Г.И. Старожилова
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МЕТОД МАКСИМАЛЬНО-СЕРЕДНЬОГО ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ОДНОРІДНОГО РЕСУРСУ

Msc. A. O. Khomiak
Dr. Eng. Sc., prof. V. P. Rozen
Cand. Sc., Assoc. Prof. H. I. Starozhilova
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

METHOD OF MAXIMUM-AVERAGE REDISTRIBUTION OF A HOMOGENEOUS RESOURCE

В статті розглядається метод прийняття рішень, заснований на розподілі однорідних ресурсів між об'єктами з різними кількісними показниками впливу, у разі дефіциту залучених ресурсів. Метод може бути використаний у системах прийняття рішень у разі розподілу таких однорідних ресурсів, як: кошти, електрична та теплова енергія, вода тощо.

Мета та завдання: підвищення ефективності розподілу дефіцитних ресурсів шляхом розроблення методу розподілу ресурсу в інтелектуальних системах прийняття рішень за умови дефіциту або надлишку однорідного ресурсу. Для вирішення мети необхідно розробити математичне забезпечення методу максимально-середнього перерозподілу ресурсу.

Висновки. Розроблено метод максимально-середнього перерозподілу однорідного ресурсу, розглянуто приклад застосування методу. Метод дозволяє розподіляти весь наявний однорідний ресурс, отримувати перевагу в ефекті від впровадження перед іншими існуючими методами, за певних умов та початкових даних. За рахунок нового алгоритму розподілу однорідного ресурсу та простоти розрахунків даний метод може знайти широке застосування під час розподілу дефіцитних ресурсів. Метод має співставні результати з методом пропорційного ділення у випадках, коли об'єкти з великими запитуваними ресурсами мають значні показники впливу, і навпаки, показники погіршуються, коли об'єкти з невеликими запитуваними ресурсами мають значний вплив на систему.

Оригінальність. Запропонована нова методика розрахунку перерозподілу однорідного ресурсу за встановленим критерієм. Вперше вирішена поставлена задача з використанням методу максимально-середнього перерозподілу однорідного ресурсу.

Практичні наслідки. Метод максимально-середнього перерозподілу однорідного ресурсу може знайти широке застосування при розподілі коштів на впровадження енергозберігаючих заходів, а також в усіх галузях промисловості, економічній сфері та інших сферах, де існує необхідність в застосуванні інтелектуальних системах прийняття рішень. Застосування методу дозволяє вирішувати задачі з розподілом ресурсів за умови їх дефіциту або надлишку. У разі надлишку ресурсів алгоритм застосування методу залишається тим самим.

Ключові слова: Інтелектуальні системи, прийняття рішень, розподіл ресурсів, збитки, максимально-середній перерозподіл ресурсу.

The article considers the method of decision-making based on the distribution of homogeneous resources between objects with different quantitative indicators of impact, in case of shortage of resources involved. The method can be used in decision-making systems in the case of distribution of such homogeneous resources as: funds, electricity and heat, water, etc.

Purpose. Improving the adequacy of the results of the allocation of scarce resources by developing a method of resource allocation in intelligent decision-making systems in the event of a shortage or excess of a homogeneous resource.

Methodology. Let the studied complex system contain a finite set of subsystems that have a common homogeneous resource: the means used to implement energy saving measures. In the conditions of deficit of a homogeneous resource there is a necessity of distribution according to the established criterion. Therefore, there is a need to develop new methods of decision-making that would significantly enhance the ability to solve such problems.

Let the system under study create i_n from a finite set of objects. Each object characterizes: S_i -requested resource, A_i -effect from the implementation of energy saving measures S_i . In the conditions of deficit of a homogeneous resource which falls under distribution, necessity of definition of a resource for each of objects is defined. As a result of application of a method of the maximum-average redistribution of a homogeneous resource for the decision of problems we receive the following parameters: y' - quantity of losses which managed to be reduced, y - the real losses received underfunding, x - the received quantity of resources in it.

Findings. The method of maximum-average redistribution of a homogeneous resource is developed, the example of application of a method is considered. The method allows you to allocate all available homogeneous resources, to gain an advantage in the effect of implementation over other existing methods, under certain conditions and initial data. Due to the new algorithm of homogeneous resource allocation and simplicity of calculations, this method can be widely used in the allocation of scarce resources. The method has comparable results to the method of proportional division in cases where objects with large requested resources have significant impact indicators, and conversely, the indicators deteriorate when objects with small requested resources have a significant impact on the system.

Originality. A new method of calculating the redistribution of a homogeneous resource according to the established criterion is proposed. For the first time the problem was solved using the method of maximum-average redistribution of a homogeneous resource.

Practical implications. The method of maximum-average redistribution of a homogeneous resource can be widely used in the location of funds for the implementation of energy saving measures, as well as in all industries, economics and other areas where there is a need for intelligent decision-making systems. The application of the method allows to solve problems with the allocation of resources in case of their shortage or excess. In case of excess resources, the algorithm for applying the method remains the same.

Keywords: Intelligent systems, decision-making, resource allocation, losses, maximum-average redistribution of resources.

Вступ

На теперішній час процес декарбонізації набуває світових масштабів, а отже чиста енергія та заходи з енергозбереження виходять на перший план. Для впровадження енергозберігаючих заходів використовують кошти виділені центром прийняття рішень. Під однорідними ресурсами розуміються: кошти, електрична енергія, вугілля тощо.

Важливим засобом вдосконалення управління в таких системах може слугувати перерозподіл ресурсів. Перерозподіл дозволяє більш ефективно використовувати наявні ресурси, коректувати їх плановий розподіл, забезпечувати скорочення дефіциту без залучення додаткових зовнішніх ресурсів. Відсутність ефективного перерозподілу ресурсу призводить до зниження продуктивності систем, виникненню надлишкових запасів ресурсу [5].

Значення такого роду перерозподілу ресурсів особливо зростає при наявності великої кількості власників ресурсу, так як створюються можливості для взаємного задоволення більшої кількості власників ресурсу [5].

На теперішній час існують методи розподілу однорідного ресурсу: метод аукціону, метод прямих пріоритетів, метод зворотних пріоритетів, метод ітераційного розподілу енергоресурсу, метод відкритого управління, конкурсний метод, пропорційний метод[3,4]. Але кожен з цих методів мають недоліки, які, за певних обставин, не дозволяють розв'язати поставлену задачу. Тому було запропоновано використовувати метод максимально-середнього перерозподілу однорідного ресурсу.

Метод максимально-середнього перерозподілу однорідного ресурсу може знайти широке застосування в усіх галузях промисловості, економічній сфері та інших сферах, де існує необхідність в застосуванні інтелектуальних системах прийняття рішень. Застосування методу дозволяє вирішувати задачі з розподілом ресурсів за умови їх дефіциту або надлишку. У разі надлишку ресурсів алгоритм застосування методу залишається тим самим.

Мета та завдання: підвищення адекватності результатів розподілу дефіцитних ресурсів шляхом розроблення методу розподілу ресурсу в інтелектуальних системах прийняття рішень за умови дефіциту або надлишку однорідного ресурсу. Для вирішення мети необхідно розробити математичне забезпечення методу максимально-середнього перерозподілу ресурсу.

Огляд сучасної літератури та існуючих методів:

До найбільш поширених методів розподілу однорідного ресурсу відносять **пропорційний метод**[1,2], який не завжди є коректним, в зв'язку з тим, що в залежності від умови задачі, може виникати необхідність враховувати додаткові параметри, які не закладені в алгоритм розрахунку методу. Відповідно до цих умов виникає необхідність застосовувати інші методи розрахунку, що задовольняють умовам задачі.

Метод зворотних пріоритетів[1,2] базується на припущенні що, чим менше використовується однорідний ресурс, тим ефективніше він використовує свій ресурс. Основною перевагою даного методу є те, що не відбувається невинновданого завищення заявок на однорідний ресурс. Недоліком є те, що кожен із споживачів скоріш за все отримає ресурс менше, ніж заявляє.

Конкурсний метод [1,2] застосовується тоді, коли недоцільно задовольняти заявки споживачів в неповному об'ємі. В цьому методі центр прийняття рішень проводить конкурс заявок. Переможці конкурсу повністю отримують необхідний ресурс, а решта не отримують нічого. Недоліком даного механізму в тому, що без ефективного контролю споживачі можуть завищувати ефект від свого проекту, на який виділено ресурс.

У разі використання **методу відкритого управління** [1,2] розподілення ресурсів проводиться в декілька етапів. На першому етапі ресурс розподіляють порівну між усіма споживачами. Якщо заявки виявились меншими, ніж розподілені ресурси на першому етапі, то вони повністю задовольняються. Тим самим кількість споживачів зменшується. За таким принципом проходять наступні етапи. На одному з наступних етапів ресурсу, що залишився, може не вистачити, тому решту поділять порівну між усіма споживачами, що залишились.

Як правило, замовники енергозберігаючих заходів замовляють більше значення коштів, ніж кількість коштів, якою володіє центр прийняття рішень.

Матеріал та результати досліджень:

Змістовне формулювання задачі.

Нехай досліджувана складна система містить скінчену множину підсистем, що мають спільний однорідний ресурс: кошти, які використовуються для впровадження енергозберігаючих заходів. В умовах дефіциту однорідного ресурсу виникає необхідність розподілу за встановленим критерієм. Тому виникає необхідність розробки нових методів прийняття рішень, які б значно підсилювали можливості у розв'язанні подібних задач.

Математичне формулювання задачі.

Нехай досліджувана система складається зі скінченної множини об'єктів i_n . Кожен об'єкт характеризує: S_i – запитуваний ресурс, A_i – ефект від впровадження енергозберігаючих заходів S_i . В умовах дефіциту однорідного ресурсу, що підлягає розподілу, виникає

необхідність визначення кількості ресурсу для кожного з об'єктів. В результаті застосування методу максимально-середнього перерозподілу однорідного ресурсу для вирішення задачі отримаємо наступні параметри: y' – кількість збитків, яких вдалось уникнути, y – реальні збитки, завдані недофінансуванням, x – отримана кількість ресурсу об'єктом

Алгоритм застосування методу максимально-середнього перерозподілу однорідного ресурсу:

- 1) Знаходимо недоотримані ресурси за формулою:

$$\Delta S = \sum S_i - S_3, \quad (1.1)$$

де

ΔS - недоотримані ресурси;

$\sum S_i$ - сума усіх запитуваних ресурсів;

S_3 - залучені ресурси.

- 2) Розподілимо порівну недоотримані ресурси між об'єктами

$$\Delta S_{qn} = \frac{\Delta S}{\sum i_n}, \quad (1.2)$$

де ΔS_{qn} - недоотримані часткові ресурси n -ої ітерації,

$\sum i_n$ - сумарна кількість підприємств відповідної ітерації

- 3) Порівнюємо S_i з ΔS_{qn} :

Якщо, $S_i \leq \Delta S_{qn}$, тоді об'єкт, що відповідає такій умові, ресурс отримувати не буде. У такому випадку необхідно розподілити недоотримані ресурси між об'єктами, що відповідають умові $S_i > \Delta S_{qn}$. Для цього, знайдемо різницю по модулю надлишково недоотриманих ресурсів за наступною формулою:

$$S'_i = |S_i - \Delta S_{qn}|, \quad (1.3)$$

де S'_i - надлишково недоотриманий ресурс

Розподілимо надлишково недоотриманий ресурс між об'єктами, що відповідають вимозі $S_i > \Delta S_{qn}$ за формулою:

$$\Delta S_{q(n+1)} = \frac{\sum S'_i}{i_{n+1}} + \Delta S_{qn} \quad (1.4)$$

Повторюємо даний пункт, до виконання умови $S_i > \Delta S_{qn}$ для всіх об'єктів, що залишилися.

- 4) Знаходимо отриману кількість ресурсу об'єктом за наступною формулою:

$$x_i = S_i - \Delta S_{qn}, \quad (1.5)$$

де

ΔS_{qn} - кінцеві часткові недоотримані ресурси між об'єктами після останньої ітерації.

- 5) Знаходимо кількість збитків, яких вдалось уникнути:

$$y'_i = \frac{A_i * x_i}{S_i} \quad (1.6)$$

- 6) Знаходимо реальні збитки, створені через недостачу ресурсу:

$$y_i = A_i - y'_i \quad (1.7)$$

- 7) Виконуємо перевірку отриманих результатів та записуємо відповідь:

$\sum y$ – сумарні реальні збитки, завдані недостачею ресурсу;

$\sum x$ – сумарна кількість використаного ресурсу.

Для перевірки отриманих результатів необхідно, щоб виконувалась умова с заданою точністю розрахунку: $\sum x \leq S_3$

Приклад:

На потреби впровадження енергозберігаючих заходів 15 загальних середніх закладів освіти (ЗСЗО) планують залучити зовнішні кошти S_i . Для цього кожен загальноосвітній заклад надав до верхнього рівня управління прогнозовані показники, необхідні для проведення заходів представлені в табл. 1.

Таблиця 1 - Зведені результати розрахунку

i	S_i , тис. грн	A_i , тис. грн	y'_i	y_i	x_i
1	4200	175	164,478	10,522	3947,46
2	3750	148	138,033	9,967	3497,46
3	3180	114	104,947	9,053	2927,46
4	2470	96	86,185	9,815	2217,46
5	2100	77	67,740	9,26	1847,46
6	1860	81	70,002	10,998	1607,46
7	1690	74	62,942	11,058	1437,46
8	1200	68	53,519	14,481	944,46
9	980	44	32,661	11,339	727,46
10	930	21	15,298	5,702	677,46
11	690	29	18,386	10,614	437,46
12	479	13	6,146	6,854	226,46
13	320	16	3,373	12,627	67,46
14	66,98	4.4	0	4,4	0
15	34	2	0	2	0

$$\sum S_i = 23\,950 \text{ тис. грн}$$

Проте, верхній рівень управління виділив суму S_3

$$S_3 = 20\,566 \text{ тис. грн}$$

Дефіцит однорідного ресурсу (коштів) складає:

$$\Delta S = \sum S_i - S_3 = 23\,950 - 20\,566 = 3\,384 \text{ тис. грн}$$

Отже, загальноосвітні заклади недоотримали майже 3,5 мільйони гривень.

Виникає питання, як розподілити залучені кошти між ними.

1) Розділимо недоотриману суму на кількість закладів освіти:

$$3\,384 : 15 = 225,6 \text{ тис. грн.}$$

2) Знаходимо загальноосвітні заклади, які надали дані, менші за недоотриману суму на кожен заклад освіти окремо. В даному прикладі такими є школи №14 та №15. Вважаємо, що внесок цих закладів освіти є несуттєвим і, тому, кошти їм надані не будуть. Фактично, школи №14 та №15 надалі не приймають участь у розподілі коштів, заклади що залишились розподіляють між собою недостачу.

Школа №14:

$$S'_{14} = |66,98 - 225,6| = 158,62 \text{ тис. грн}$$

Школа №15:

$$S'_{15} = |34 - 225,6| = 191,6 \text{ тис. грн}$$

3) Просумуємо дефіцит коштів 14 та 15 загальних середніх закладів освіти та розділимо між учасниками, що залишились.

$$S_n = 158,62 + 191,6 = 350,22 \text{ тис. грн.}$$

$350,22:13 = 26,94$ тис. грн – сума, яку необхідно додатково відняти від інвестиційних коштів.

4) Просумуємо дефіцитні суми на кількість закладів освіти:

$$225,6+26,94=252,54 \text{ тис. грн.}$$

Через те, що сума необхідних інвестицій в інші школи більша, ніж сума недоотриманих коштів – необхідності ще в одному перерозподілі немає. Якщо після перерозподілу недоотримана сума буде більша, ніж заявлена, тоді робимо ще один перерозподіл за принципом, який вказаний в пункті 2, 3 та 4.

5) Від заявлених коштів віднімаємо кінцеву недоотриману суму. $x_i = S_i - \Delta S_{\text{чкн}}$

Таблиця 2 - Отримана кількість ресурсу об'єктом

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
3947,46	3497,46	2927,46	2217,46	1847,46	1607,46	1437,46
x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	
944,46	727,46	677,46	437,46	226,46	67,46	

6) За допомогою пропорції знаходимо кількість збитків, яких вдалось уникнути.

$$y'_i = \frac{A_i \cdot x_i}{S_i}$$

Таблиця 3 - Кількість збитків, яких вдалось уникнути

y'_1	y'_2	y'_3	y'_4	y'_5	y'_6	y'_7
164,478	138,033	104,947	86,185	67,740	70,002	62,942
y'_8	y'_9	y'_{10}	y'_{11}	y'_{12}	y'_{13}	
53,519	32,661	15,298	18,386	6,146	3,373	

7) Знаходимо реальні збитки завдані недофінансуванням.

$$y_i = A_i - y'_i$$

Таблиця 4 - Реальні збитки, отримані через дефіцит

y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7
10,522	9,967	9,053	9,815	9,26	10,998	11,058
y_8	y_9	y_{10}	y_{11}	y_{12}	y_{13}	
14,481	11,339	5,702	10,614	6,854	12,627	

$$\sum y = 138,69$$

$$\sum x = 20\,562,98 \text{ тис. грн.}$$

$20\,566 - 20\,562,98 = 3,02$ тис грн. було втрачено при округленні до 3 знаку після коми, що складає 0,01468% від загальної суми.



Рисунок 1 - Діаграма залежності запитуваного однорідного ресурсу від отриманого.

З діаграми видно, що група стовпців діаграми, що відповідає отриманому однорідному ресурсу, після перерозподілу цього ресурсу, повторює форму групи стовпців діаграми, що відповідає запитуваному однорідному ресурсу.

Висновок

Отже, розроблено метод максимально-середнього перерозподілу однорідного ресурсу, розглянуто приклад застосування методу. Метод дозволяє розподіляти весь наявний однорідний ресурс, отримувати перевагу в ефекті від впровадження перед іншими існуючими методами, за певних умов та початкових даних. За рахунок нового алгоритму розподілу однорідного ресурсу та простоти розрахунків даний метод може знайти широке застосування під час розподілу дефіцитних ресурсів. Метод має співставні результати з методом пропорційного ділення у випадках, коли об'єкти з великими запитуваними ресурсами мають значні показники впливу, і навпаки, показники погіршуються, коли об'єкти з невеликими запитуваними ресурсами мають значний вплив на систему.

Список використаної літератури

- [1] Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений, Москва, 2010, 13-24 с.
- [2] Литвак Б.Г. Разработка управленческого решения, Москва, 2017, 68-83 с.

[3] А.В. Праховник, Модель та методи оптимізації і керування режимами систем електропостачання(Україна) Автоматизація, "Машини в сільськогосподарському виробництві, промислового машинобудуванні, автоматизації ", квітень 1994.

[4] В.П. Калінчик. Оптимальне управління електричним навантаженням (Україна) Автоматизація. "Енергія", квітень 2012.

[5] Кацнельсон М.Б. "Основні поняття. Постановка задачі" в Перераспределении ресурсов. Москва, 1985, 3-14 с.

REFERENCES

[1] B.G. Litvak "Expert judgment in decision making" in Expert judgment and decision making, Moscow, 2010, pp 13-24.

[2] B.G. Litvak pp "Development and implementation management solutions" in Development of a management solution, Moscow, 2017, pp. 68-83

[3] A.V. Prahovnik "Model and methods of optimization and control of power supply systems" (in Ukraine) Automat. "Machinery in agricultural production, industrial engineering, automation" Apr. 1994

[4] V. P. Kalinchick "Optimal control of electric load" (in Ukraine) Automat. "Energy" Apr. 2012

[5] M. B. Katznelson "Basic concepts. Formulation of the problem" in Reallocation of resources, Moscow, 1985, pp. 3-14

УДК 621.876.113

Яковлєв Дмитрій Андрійович, магістрант

Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ НА БАЗІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЛІФТА

В статті розглядається використання нейронних мереж в управлінні ліфтом для покращення енергоефективності та зменшення часу очікування.

The article considers the use of neural networks in elevator control to improve energy efficiency and reduce waiting time.

Ключові слова: *Інтелектуальні системи, прийняття рішень, ліфти.*

Вступ

Всі існуючі сьогодні ліфти поділяються на три категорії :

Пасажирські ліфти можуть бути встановлені в житлових будинках, будівлях громадського характеру або на заводах і фабриках. У ліфті такого типу можливе здійснення перевезень лише легкого вантажу через низьку вантажопідйомності. При цьому в них заборонено перевозити вибухонебезпечні і легкозаймисті речі.

Лікарняні ліфти розроблені для медичних установ, служать для підйому/спуску знаходяться на медичних транспортних засобах хворих та супроводжуючих їх лікарів. Відзначаються високими вимогами до плавності руху і точності зупинки.

На відміну від пасажирських, вантажні ліфти також підрозділяються на кілька категорій і бувають:

- звичайні вантажні ;
- вантажні з монорельсом. У цих ліфтах під стелею кабіни встановлюють балку, до якої підвішують вантажопідйомний пристрій (таль , тельфер тощо);
- вижимні , в яких підйомна сила прикладена до низу кабіни;
- тротуарні, у яких кабіна виходить з шахти через розташований в її верхній частині люк. Ці ліфти застосовують на складах з великими підземними сховищами для спуску і підйому автомобілів з вантажем , на підземних автостоянках , в магазинах для переміщення вантажів з вулиці в підвал і т.д.;
- вантажні малі, призначені для підйому і спуску невеликих вантажів. Для виключення транспортування в них людей кабіну розраховують на перевезення вантажів масою не більше 250 кг , а її висота не повинна перевищувати 1250 мм;
- тротуарними використовуваними в шахтах і підземних спорудах;
- спеціальними, що розробляються відповідно до визначених технологій.

Мета і завдання: наближення часу очікування ліфта до мінімально можливого за рахунок прокладання оптимального маршруту доставки пасажирів.

Опис методу зворотнього розповсюдження помилки

Позначимо множину входів мережі як $X_1 \dots X_n$, множина виходів - outputs . Пронумеруємо наскрізно всі вузли числами від 1 до N. Позначимо через вагу зв'язку, що з'єднує i-й і j-й вузли, вихід i-го вузла - Q_i . Бажані результати мережі відомі — $t_k, k \in \text{Outputs}$

оскільки вони є даними для тренування ШНМ. Функція помилки, отримана за методом найменших квадратів, буде виглядати так:

$$E(\{w_{ij}\}) = \frac{1}{2} \sum_{k \in \text{Outputs}} (t_k - o_k)^2 \quad (1)$$

Суть стохастичного градієнтного спуску полягає в тому, що після кожного тестового прикладу, чи міні набору прикладів, вагові коефіцієнти мережі будуть незначним чином виправлятися. Таким чином буде реалізовано рух в багатовимірному просторі в сторону, протилежну до напрямку вектору градієнту. Зміна вагового коефіцієнту:

(2)

$$\Delta w_{ij} = -\eta \frac{dE}{dw_{ij}}, \text{ де } 0 < \eta < 1 \quad \text{—множник, що відповідає розміру кроку.} \quad (3)$$

$S_j = \sum_i w_{ij} x_i$ - сума входів j-того вузла. Тому

$$\frac{dE}{dw_{ij}} = \frac{dE}{dS_j} \frac{dS_j}{dw_{ij}} = x_i \frac{dE}{dS_j} \quad (4)$$

Отже, S_j впливає на загальну помилку тільки в рамках j-того вузла. Якщо функція активації нейронів являє собою експоненціальну сигмоїду:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}, \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dS_j} &= \frac{dE}{do_j} \frac{do_j}{dS_j} = \left(\frac{d}{do_j} \frac{1}{2} \sum_{k \in \text{Outputs}} (t_k - o_k)^2 \right) \left(\frac{d\sigma(S_j)}{dS_j} \right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \frac{d}{do_j} (t_j - o_j)^2 \right) (o_j(1 - o_j)) = -o_j(1 - o_j)(t_j - o_j) \end{aligned} \quad (6)$$

Якщо ж у j-того вузла є виходи, то

$$\frac{dE}{dS_j} = \sum_{k \in \text{Children}(j)} \frac{dE}{dS_k} \frac{dS_k}{dS_j} \quad (7)$$

також:

$$\frac{dS_k}{dS_j} = \frac{dS_k}{do_j} \frac{do_j}{dS_j} = w_{ij} \frac{do_j}{dS_j} = w_{ij} o_j(1 - o_j) \quad (8)$$

Матеріали та результати досліджень:

В результаті дослідження порівняльної характеристики запропонованої і стандартної схеми руху для випадкових запитів, можна отримати даний результат:

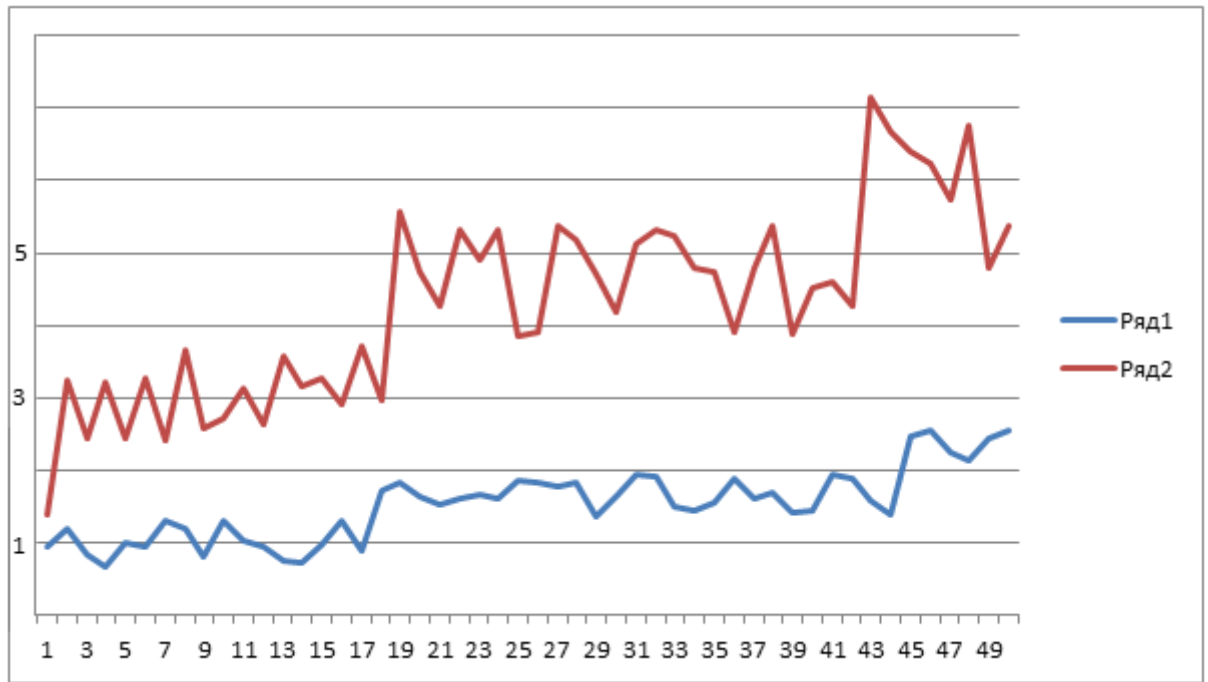


Рисунок 1 - При випадковому рухові пасажирів.

(Де по осі Y час очікування, а по осі X кількість викликів в масштабі 1 до 10, ряд 1 при стандартній схемі руху, ряд 2 при рекомендованій схемі руху)

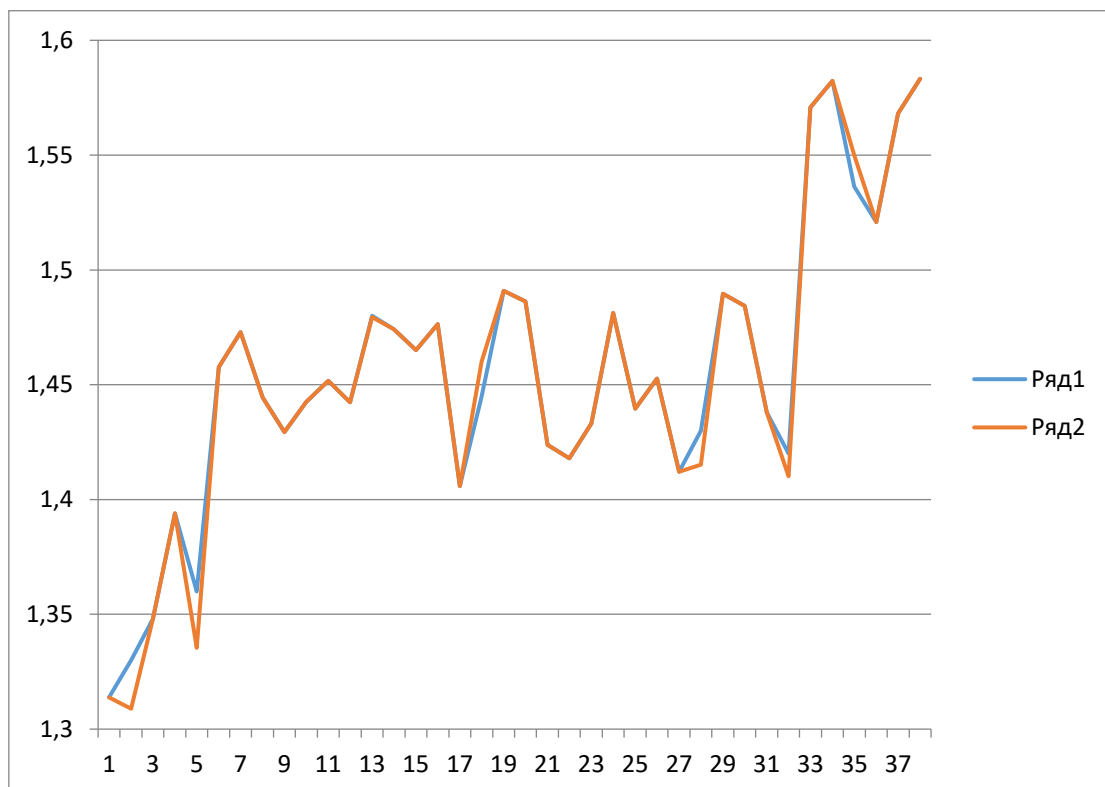


Рисунок 2 - При сталому рухові пасажирів.

Висновок

З наведених вище результатів видно, що нейронна мережа може спрогнозувати найвірогідніші місця виклику, що призведе до значної економії енергії та підвищення задоволення очікування користувачів за рахунок скорочення часу очікування, допомагаючи гарантувати, що ліфт знаходиться в найбільш вірогідному місці, куди буде викликаний ліфт, до того, як особа навіть натисне на кнопку виклику, навчившись асоціювати час доби з конкретними місцями викликів. Отже, при наявності випадкового набору запитів, ефективність запропонованого алгоритму системи значно вища, ніж стандартна схема руху. А при наявності стабільних запитів результати стандартної і запропонованої системи руху майже однакові. В низьких житлових будинках система не ліквідна, із-за малої варіативності потоків руху пасажирів. Тому, дану систему управління доцільно використовувати в великих торговельних центрах та офісах, де вона зможе широко розкрити свій потенціал.

Список використаної літератури

1. Ю. Ф. Голубев. Нейронные сети в мехатронике. //Фундаментальная и прикладная математика, том 11(2005), № 8, стр 81-103
2. Нейросетевые системы управления / Терехов В.А., Ефимов Д.В., Тюкин И.Ю. – Высш. шк. 2002. – 183 с.
3. Проект «Портал искусственного интеллекта» - електронна збірка новин і статей
4. Камышев А.Г. Грузовые и пассажирские лифты. Электрооборудование. М-Л. Госэнергоиздат. 1963 – 64 с.
5. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5031561/references#references>
6. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/672839>
7. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/28173>

УДК 62-83:621.313.2

Топчу Тимур Джемільович, магістрант

Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА НА БАЗІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ
ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ****INTELLIGENT NEURAL NETWORK BASED SYSTEM FOR TRAFFIC
CONTROL OF ELECTRIC TRANSPORT**

Анотація. У статті розглядається система управління рухом електротранспорту, зокрема метрополітену, на базі нейронної мережі.

Ключові слова: нейронна мережа, система інтелектуального відеоспостереження, система інтелектуальної диспетчеризації.

Abstract. The article considers the traffic control system of electric vehicles, in particular the subway, on the basis of a neural network.

Keywords: neural network, intelligent video surveillance system, intelligent scheduling system

Вступ. Зростання населення у великих містах тягне за собою ріст міських пасажирських перевезень. Як наслідок, зростають і пасажиропотоки кожного району, і необхідно вдосконалювати та оптимізувати рух наземного пасажирського транспорту, метрополітену та приміського залізничного сполучення.

На сьогоднішній день, метрополітен являється перспективним видом міського транспорту. Незалежно від погодних умов метрополітен здатний швидко і вчасно перевозити пасажирів. Але існує ряд проблем, такі як витрати на електроенергію, інтервальний графік руху рухомих складів, застаріла система управління потягами. Розвиток сучасних інформаційних технологій дозволяє реалізувати нові можливості при проектуванні систем автоматичного управління. Такі компанії як Siemens, Thales, Bombardier transportation розробили системи управління рухомим складом метрополітену, що дозволяють вирішити вище вказані проблеми.

Використання складних нейронних мереж для прогнозування кількості пасажирів не є доцільним. Достатньо рахувати пасажирів вже на платформах і подавати потяги в залежності від кількості пасажирів та наповненості потягів, тим самим регулюючи швидкість на перегонах, і як наслідок можливість зменшити витрати на енергію.

Зменшити інтервал руху між потягами є ключовою особливістю запропонованої системи, але це не є доцільним впродовж добового графіка руху потягів. Адже в різний час, на станціях різна кількість людей. Також можливі ситуації, коли люди вимушені користуватися метрополітеном через непередбачені ситуації (аварії на дорогах, і як наслідок зупинка роботи міського транспорту), непогоду і т.д.. Інтелектуальні системи відеоспостереження фіксують кількість людей на платформі, зі зростанням кількості пасажирів, система формує новий графік руху для потягів. Нова тунельна апаратура, дозволяє зменшити інтервали руху між потягами. Радіо мітки розташовані в тунелі впродовж усього шляху, від станції до станції, фіксують положення та швидкість попереднього потягу і передають цю інформацію в диспетчерський пункт і по радіоканалу на бортовий комп'ютер наступного потяга. Розраховуючи відстань прицільного гальмування до наступного потяга, бортова апаратура визначає необхідну максимальну швидкість на перегоні до наступного потяга, досягши її в точці початку прицільного гальмування, потяг починає зменшувати швидкість дотримуючись при цьому безпечної відстані до наступного потяга.

При фіксуванні системою зменшення кількості людей на станції, нейронна мережа буде новий графік руху, з меншою швидкістю, і меншим енергоспоживанням.

Мета та завдання. Оптимізація руху електротранспорту метрополітену за рахунок нової структури, апаратних засобів та алгоритмів інтелектуальної системи управління.

Матеріал і результати досліджень. Систему інтелектуального відеоспостереження за рухом поїздів можна побудувати за допомогою мережі TCP / IP (мережі передачі даних), організовану на базі волоконно-оптичної системи передачі, яка призначається для організації оперативно-технологічного зв'язку і цифрової системи поїзного радіозв'язку стандартів TETRA , DMR, GSM-R. [1]. Загальна функціональна схема інтелектуальної системи диспетчеризації руху потягів зображена на рисунку 1. Вона побудована як система взаємодії системи інтервального регулювання руху потягів на базі радіоканалу (СВТС) з системою інтелектуального відеоспостереження. Для управління режимами руху потягів застосовано нейронну мережу.

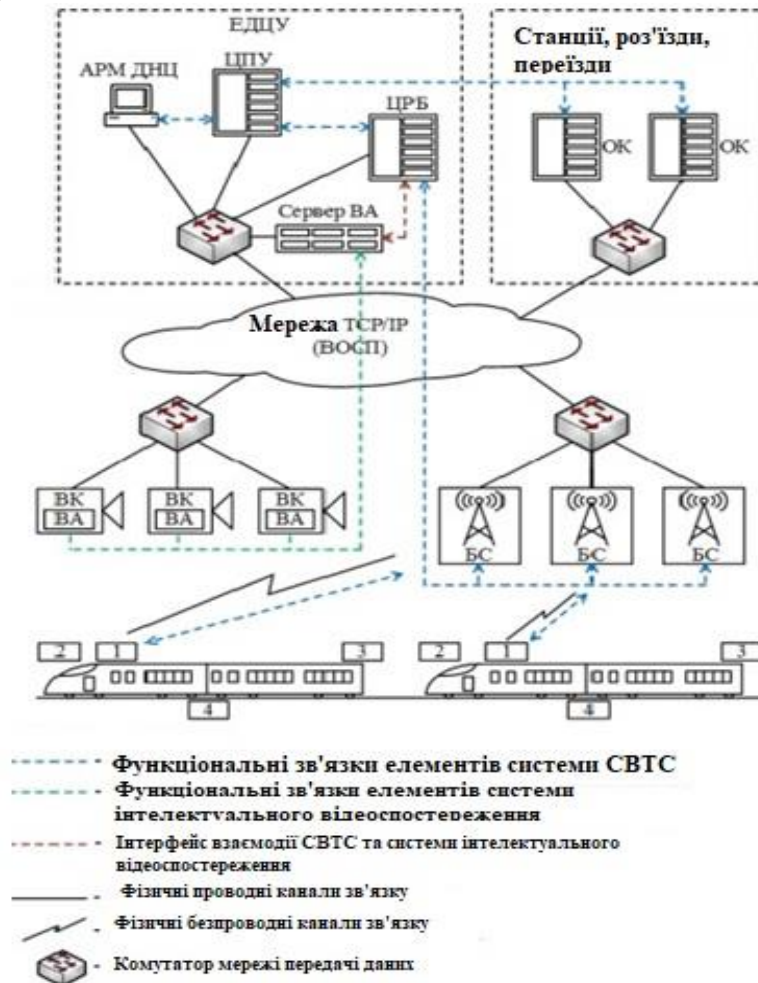


Рисунок 1 - Структурна схема системи інтелектуального відеоспостереження та СВТС. де: Мережа TCP / IP (ВОСП) - мережа передачі даних, організована на базі волоконно-оптичної системи передачі; БС - базова станція; ЦРЛ - центр радіоблокування; ЦПУ - центральний процесорний пристрій управління; АРМ ДНЦ - автоматизоване робоче місце диспетчера; ЕДЦУ - єдиний диспетчерський центр управління; ОК - об'єктний контролер; ВА – відеоаналітика; ВК – відеоканера; Сервер ВА - сервер відеоаналітики; 1 - локомотивна радіостанція; 2 - бортове процесорне обладнання; 3 - система контролю цілісності поїзда; 4 - пасивні реперні датчики.

Запропонована технологія інтелектуального відеоспостереження дозволяє вести облік пасажирів на платформі, та оптимізувати графік руху потягів відповідно до кількості

пасажирів на станції. У випадку зростання кількості пасажирів, система будує графік руху при якому управління потягами бере на себе система СВТС. При фіксуванні системою зменшення кількості людей на станції, нейронна мережа будує новий графік руху, з меншою швидкістю але дотримуючись стандартних інтервалів між потягами з економією споживаної електроенергії.

Для інтелектуальної системи диспетчеризації було створено нейронну мережу типу **Feed-Forwardbackpropagationnetwork**, яка має два шари, які містять 10 і 1 нейрон відповідно. Її структуру, приведену на рисунках 2.16 – 2.21 можна отримати, ввівши команду **gensim(netff)**.

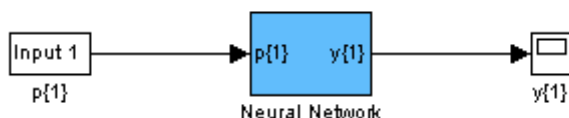


Рисунок 2 - Загальний вид створеної нейронної мережі

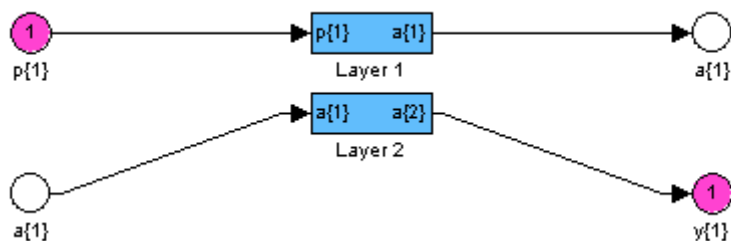


Рисунок 3 - Схема нейромережі (видно два шари)

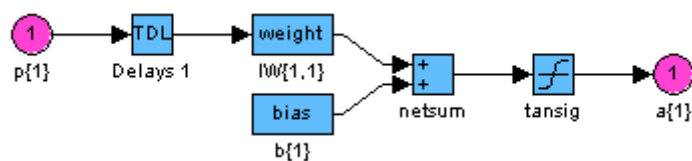


Рисунок 4 - Схема першого шару

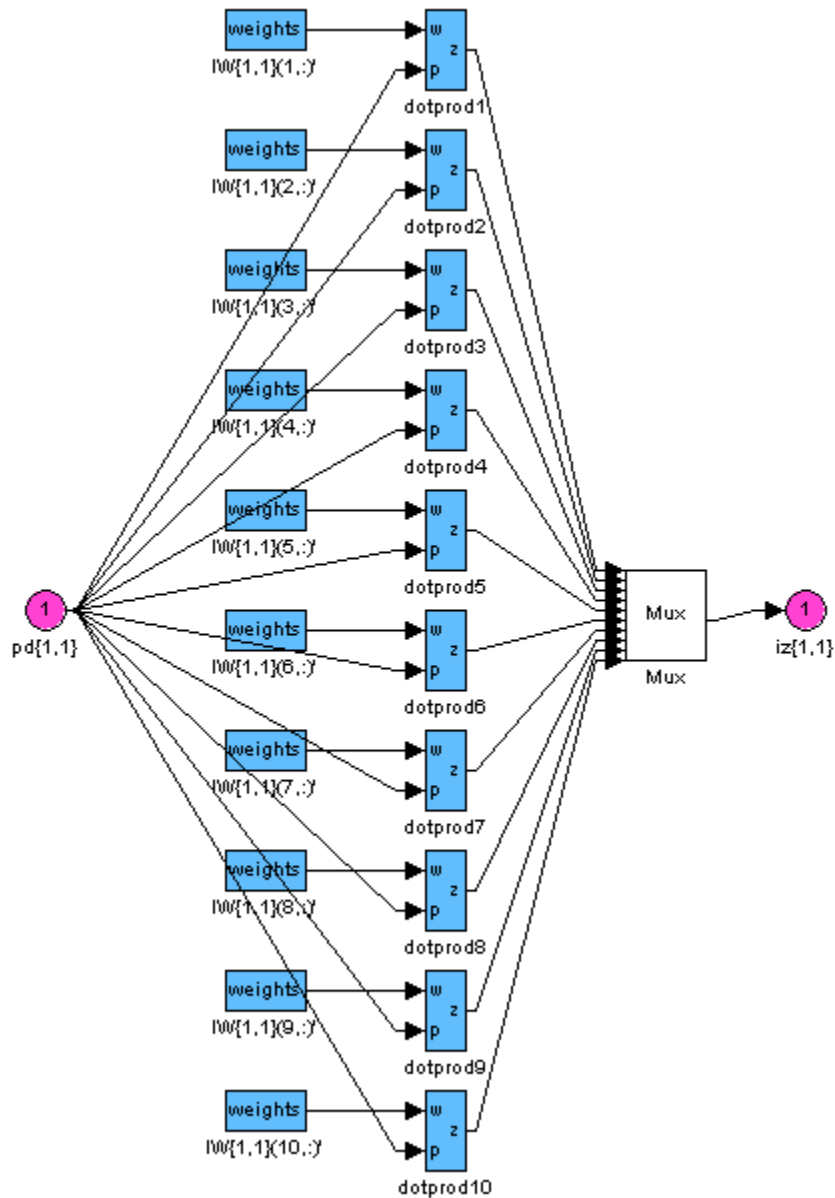
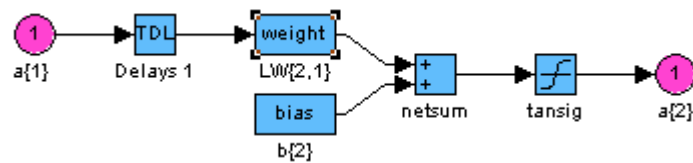
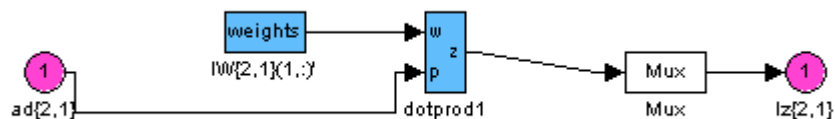
Рисунок 5 - Розгорнута схема блоку $IW\{1,1\}$ для першого шару

Рисунок 6 - Схема другого шару

Рисунок 7 - Розгорнута схема блоку $IW\{2,1\}$ для другого шару

Висновки. Запропонована система управління потягами метрополітену з використанням алгоритмів інтелектуальних систем, дозволяє реалізувати графік руху потягів в залежності від пасажиропотоку.

Недоліком запропонованої системи управління потягами з використанням радіоканалу, є відсутність контролю цілісності колій, за час експлуатації колії витримують високі навантаження, в деяких місцях утворюються просадки колій, тріщини, що не є безпечним для потягів які щоденно перевозять до 1,5 млн. людей. Тому запропонована система СВТС з рухомими блоками в поєднанні з розробленою нейронною мережею для оптимізації графіків руху, повинна працювати з існуючою системою АРШ-АЛС, що використовується вже декілька десятиліть метрополітеном. Застосування інтелектуальних систем відео-нагляду, дозволяють проводити облік пасажирів на станціях і фіксувати приріст або спад людей для формування нових графіків рухів потягів.

Список літератури

1. Область применения: видеонаблюдение // Информационный проект профессионального сообщества «Техническое зрение». [Электронный ресурс]: <http://wiki.technicalvision.ru/index.php/>. Доступ 29.05.2017.
2. Pascoe, R.D.; Eichorn, T. N. What is communication-based train control? Vehicular Technology Magazine, IEEE (Volume:4, Issue: 4), 2009. pp. 16–21. DOI: 10.1109/MVT.2009.934665.
3. Cheptsov, M.N., Tsykhmistro, S.I., Boinik, A.B., Bakhal, I. G. Project NEARè – Network of European/Asian Rail Research Capacities (Signalling Systems). Збірник наукових праць ДонІЗТ, 2013, № 36, pp. 106–119.

Робота виконана під керівництвом доцента кафедри автоматизації управління електротехнічними комплексами Тишевича Б.Л.

The work was carried out under the supervision of Tyshevych Borys, Ph.D., Docent of the Automation Control of Electrotechnical Systems (ACES) Department.

УДК 658.512

Дубовик В.Г., Лебедєв Л.М., Босак А.В., Маламан Д.О.
Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами

ОСОБЛИВОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДРОБИЛЬНОГО АГРЕГАТУ

У статті представлено результати досліджень режимів дробильних агрегатів, запропоновано пристрій з керованим електроприводом живильника, що дозволяє знизити споживання електроенергії за рахунок зміни швидкості конвеєра, що завантажує дробарку та забезпечує більш високу ефективність регулювання її вантажопотоку.

Ключові слова: дробильний агрегат, вантажопотік, регулювання.

The article presents the results of research on the modes of crushing units, proposed a device with a controlled feeder, which reduces electricity consumption by changing the speed of the conveyor, unloading the crusher and provides higher efficiency of its flow control.

Key words: crushing unit, cargo flow, regulation.

Руйнування шматка гірської породи неправильної форми є складним процесом, оскільки при стисканні виникає кілька точок зіткнення з плитами дробарки, через які передається руйнівна дія, тому усереднення сигналу, пропорційного міцності на постійному часовому інтервалі забезпечує точне регулювання швидкості живильника. Процеси виїмки і навантаження гірських порід, а також їх подрібнення і випуск готової продукції є основними технологічними процесами на кар'єрах і дробильно-сортувальних заводах, тому автоматизація живильника, дробарок являє собою важливе завдання. Особливістю процесу дроблення в шоккових дробильних агрегатах є зміна форми обвідного сигналу потужності, наявність холостого ходу в циклах дроблення, протягом яких руйнування матеріалу не відбувається, а також те, що великі моменти інерції системи не дозволяють валу електродвигуна дробарки в кожному циклі дроблення набирати за час холостого ходу швидкості попереднього циклу [1, 2].

Кількісна оцінка регулювання швидкості стрічки конвеєра при зміні вантажопотоку до максимального значення приведена на рис. 1, де залежності питомих витрат енергії q_e приводу на переміщення однієї тону гірської маси для конвеєра з постійною швидкістю стрічки ($V_c = \text{const}$, $Q_k = \text{var}$, $q_e = \text{var}$) - лінія 1 і зі змінною швидкістю ($V_c = \text{var}$, $Q_k = \text{var}$, $q_e = \text{const}$) - лінія 2. V_c – швидкість стрічки, м/с. Q_k – вантажопотік, тон/год. q_e – питомі витрати енергії, кВтгод/тону.

При регулюванні швидкості по масі вантажу на стрічці питомі витрати постійні (лінія 2). У разі постійної швидкості стрічки питомі витрати енергії істотно зростають зі зменшенням завантаження стрічки гірською масою (лінія 1). Зі зменшенням корисного навантаження витрати енергії на транспортування з постійною швидкістю стрічки ростуть в порівнянні з регульованою швидкістю конвеєра по масі вантажу на стрічці. При половинному завантаженні стрічки по прийнятній здібності конвеєра з регулюванням по масі вантажу швидкістю стрічки енерговитрати приводу знижуються до 30%. Чим менше завантаження стрічки зі змінною швидкістю, тим більше вираш за витратами енергії приводу [3, 4].

Запропоновано пристрій для систем управління подрібнювальними процесами який може бути використаний для автоматизації регулювання завантаження дробильних агрегатів у будівельній, гірничорудній і інших галузях промисловості, який забезпечує високу надійність, зниження споживання електроенергії за рахунок зміни швидкості конвеєра, що завантажує дробарку та забезпечує більш високу ефективність завантаження дробильного агрегату.

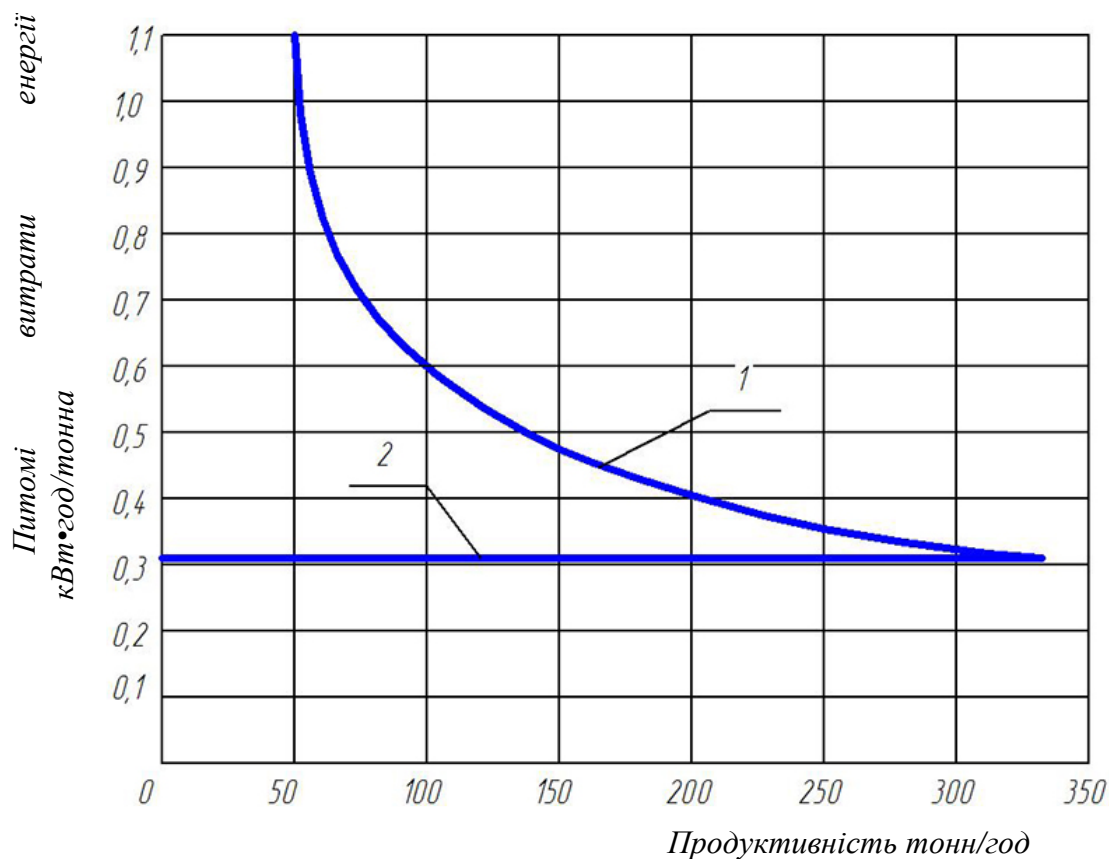


Рисунок 1 - Питомі витрати енергії при зміні вантажопотоку

Сутність пристрою пояснюється кресленням, рис. 2, де представлена структурна схема пристрою регулювання завантаження дробильного агрегату. На кресленні не показаний електродвигун приводний дробарки, а також ланцюги для пуску блоків 10, 13 управління.

Пристрій регулювання завантаження дробильного агрегату складається з дробарки 1, яка приводиться в дію електродвигуном, який на кресленні не показаний, конвеєр 2 відвантажувальний обладнаний датчиком 3 продуктивності, вихід якого сполучено з входом формувача 4 сигналів, а його вихід сполучений з другими входами елементів 5, 6 порогових, перші їх входи сполучені, відповідно, з джерелами Е1 та Е5 постійної вхідної дії. Вихід елемента 5 порогового сполучено з першим входом ключа 7 аналогового, другий та третій входи якого сполучено, відповідно, з джерелами Е2 та Е6 постійної вхідної дії, а вихід ключа 7 аналогового сполучено з другим входом ключа 8 аналогового, третій вхід якого сполучено з джерелом Е7 постійної вхідної дії, а перший вхід сполучено з виходом елемента 6 порогового та третім входом ключа 9 аналогового, перший та другий входи якого сполучено, відповідно, з джерелами Е3 та Е4 постійної вхідної дії, а вихід ключа 9 аналогового сполучено з першим входом блока 10 управління, вихід якого сполучено з електродвигуном 11 живильника 12, а другий вхід сполучено з другим входом другого блоку 13 управління і входом блока 14 живлення та підключено до мережі живлення U1. Вихід ключа 8 аналогового сполучено з першим входом другого блоку 13 управління, вихід якого сполучено з двигуном 15 конвеєра відвантажувального.

Датчик 3 продуктивності забезпечує вимірювання завантаження за одиницю часу конвеєра 2 відвантажувального, який відводить подрібнену масу від дробарки 1 та може бути виконаний з використанням ультразвукових або інших перетворювачів.

Формувач 4 сигналів призначений для забезпечення рівня вихідних сигналів в відповідності з параметрами вибраних елементів схеми пристрою.

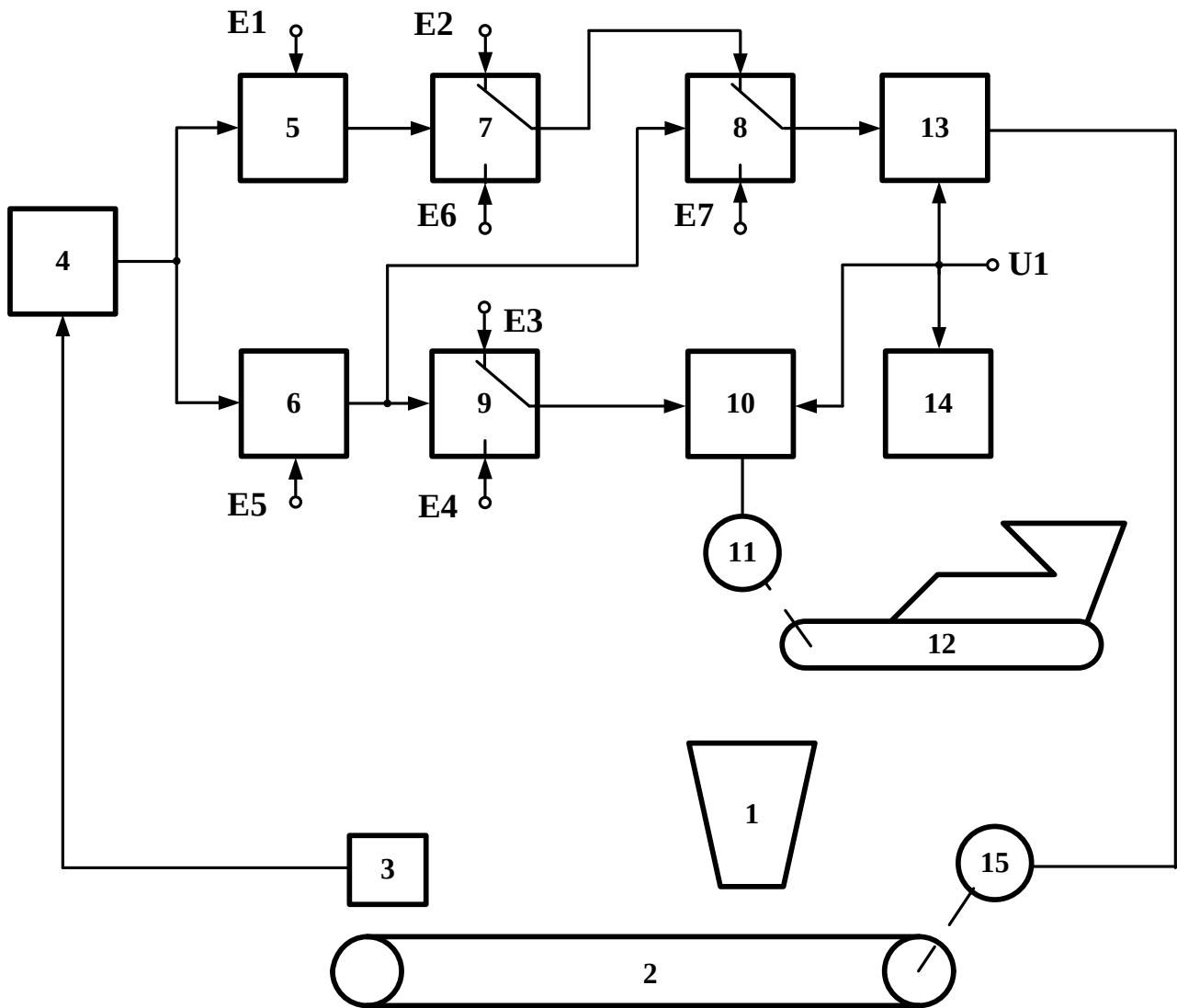


Рисунок 2 - Структурна схема пристрою регулювання завантаження дробильного агрегату

Ключі 7, 8, 9 аналогові призначені для комутації, передачі сигналів довільної форми при умові подачі сигналу, що управляє і можуть бути виконані з використанням електронних ключів інтегрального виконання.

Блоки 10, 13 управління забезпечують зміну частоти обертання вала електродвигунів, відповідно, 11 та 15 в залежності від значення вхідного сигналу та можуть бути виконані з використанням перетворювачів частоти.

Блок 14 живлення забезпечує необхідні значення напруги для блоків і елементів пристрою та може бути виконаний з використанням стандартних вузлів.

Живлення двигунів 11 та 15 здійснюється від блоків 10, 13 управління з використанням трифазної мережі змінного струму, яка на фіг. умовно показана в одну лінію.

Одним з напрямків економії енергії є адаптація конвеєра до вхідного вантажопотоку за рахунок зміни швидкості стрічки. Це дозволяє використовувати повністю приймальню здатність стрічки і істотно зменшити її пробіг. Оцінку енергоефективності регульованого приводу слід виконувати в умовах мінливого в часі вантажопотоку.

Прийняті позначення U_n^i - напруга на i -му виході n -го блоку. Пристрій регулювання

завантаження дробильного агрегату працює наступним чином.

Для запуску дробильного агрегату запускається спочатку конвеєр 2 відвантажувальний, після пуску блоку 13 управління, запускається електродвигун дробарки 1, який на фіг. не приведено. Подається напруга живлення після пуску блоку 10 управління на електродвигун 11 живильника 12, який завантажує дробарку 1. При номінальному завантаженні конвеєра 2 відвантажувального вихідний сигнал U_3 датчика 3 продуктивності через формувач сигналів 4 подається U_4 на входи елементів 5, 6 порогових, які мають такі вихідні характеристики

$$1, \text{ при } U_4 \geq E1,$$

$$U_5 =$$

$$0, \text{ при } U_4 < E1$$

$$1, \text{ при } U_4 \geq E5$$

$$U_6 =$$

$$0, \text{ при } U_4 < E5.$$

При цьому вихідний сигнал U_5 елемента 5 порогового дорівнює логічній одиниці та подається на ключ 7 аналоговий, на виході якого встановлюється значення U_7 , яке дорівнює значенню напруги джерела $E6$ постійної вхідної дії, відповідно з його характеристикою

$$E6, \text{ при } U_5 = 1$$

$$U_7 =$$

$$E2, \text{ при } U_5 = 0,$$

а сигнал $U_6 = 0$. При цьому сигнал U_8 на виході ключа 8 аналогового дорівнює значенню напруги $U_8 = U_7 = E6$, відповідно з його характеристикою

$$E7, \text{ при } U_6 = 1$$

$$U_8 =$$

$$U_7, \text{ при } U_6 = 0.$$

Сигнал $U_8 = E6$ з виходу ключа 8 аналогового подається на блок 13 управління, який забезпечує номінальну швидкість обертання двигуна 15 конвеєра 2 відвантажувального та номінальну швидкість V_{H^K} його робочого органа. Сигнал $U_6 = 0$ з виходу елемента 6 порогового подається також на вхід ключа 9 аналогового, на виході якого встановлюється значення U_9 , яке дорівнює значенню напруги джерела $E3$ постійної вхідної дії, відповідно з його характеристикою

$$E4, \text{ при } U_6 = 1$$

$$U_9 =$$

$$E3, \text{ при } U_6 = 0,$$

далі напруга $U_9 = E3$ подається на блок 10 управління, який забезпечує номінальну швидкість обертання двигуна 11 та номінальну швидкість $V_{H^{JC}}$ робочого органа живильника 12.

Завантаження конвеєра 2 матеріалом дроблення з виходу дробарки 1 оцінюється лінійною масою q_o вантажу на стрічці, яка може змінюватися від нуля до приймальної здатності стрічки $q_o = Q_K / 3,6 \cdot V_c$, кг/м

де Q_K – продуктивність конвеєра, т/год;

V_c - швидкість робочого органа конвеєра, м/с;

Вихідний сигнал U_3 датчика 3 продуктивності пропорційний значенню q_o .

Значення напруг джерел $E1 - E7$ постійної вхідної дії встановлюється при налаштуванні з врахуванням номінальної продуктивності $Q_{H, \text{конвеєра 2}}$ відвантажувального, номінальної швидкості V_{H^K} робочого органа конвеєра 2 та номінальної швидкості $V_{H^{JC}}$ робочого органа живильника 12 та визначаються пропорційно наступним значенням:

$$E1 = 0,75 Q_H; E2 = 0,75 V_{H^K}; E3 = V_{H^{JC}}; E4 = 0,75 V_{H^{JC}};$$

$$E5 = 1,25 Q_H; E6 = V_{H^K}; E7 = 1,25 V_{H^K};$$

При зменшенні завантаження конвеєра 2 відвантажувального нижче номінального $Q < 0,75 Q_H$ вихідний сигнал U_3 датчика 3 продуктивності через формувач сигналів 4 подається U_4

на входи елементів 5, 6 порогових і, відповідно, до їх характеристик на виході елемента 5 порогового встановлюється сигнал U_5 має значення логічного нуля ($U_5 = 0$), а на виході елемента 6 порогового сигнал U_6 не змінюється ($U_6 = 0$). Таким чином, вихідні сигнали на виході ключа 9 аналогового та блока 10 управління не змінюються, швидкість електродвигуна 11 і робочого органа живильника 12 також не змінюються, а сигнал U_7 на виході ключа 7 аналогового має значення, яке дорівнює значенню напруги джерела E_2 постійної вхідної дії, в відповідності з його характеристикою ($E_2 = 0,75 V_{H^k}$) і далі через ключ 8 аналоговий $U_8 = E_2$ подається на блок 13 управління, який визначає зменшення швидкості обертання двигуна 15 конвеєра 2 відвантажувального до швидкості $V^k = 0,75 V_{H^k}$ його робочого органа.

Зменшення завантаження конвеєра 2 відвантажувального відбувається при надходженні до дробарки 1 матеріалів з збільшеними габаритами і для їх дроблення - необхідно більше часу.

При збільшенні завантаження конвеєра 2 відвантажувального вище номінального значення $Q > 1,25 Q_n$ вихідний сигнал U_3 датчика 3 продуктивності через формувач 4 сигналів U_4 подається на входи елементів 5, 6 порогових і, відповідно, до їх характеристик на виході елемента 5 порогового встановлюється, як і при номінальному завантаженні конвеєра 2 відвантажувального, вихідний сигнал U_5 , який дорівнює логічній одиниці та подається на ключ 7 аналоговий, на виході якого встановлюється значення U_7 , яке дорівнює значенню напруги E_6 постійної вхідної дії, в відповідності з його характеристикою, але на виході елемента 6 порогового встановлюється значення логічної одиниці, що приводить до переключення ключа 8 аналогового і на його виході стане сигнал $U_8 = E_7$, який відповідає значенню $E_7 = 1,25 V_{H^k}$. Цей сигнал подається на блок 13 управління, який визначає збільшення швидкості обертання двигуна 15 конвеєра 2 відвантажувального до швидкості $V^k = 1,25 V_{H^k}$ його робочого органа.

Сигнал $U_6 = 1$ з виходу елемента 6 порогового подається також на вхід ключа 9 аналогового, який переключається, на його виході встановлюється значення U_9 , яке дорівнює значенню напруги джерела E_4 постійної вхідної дії в відповідності з його характеристикою, тобто $E_4 = 0,75 V_{H^{жс}}$. Цей сигнал подається на блок 10 управління, який визначає зменшення швидкості обертання двигуна 11 живильника 12 до швидкості $V^{жс} = 0,75 V_{H^{жс}}$ робочого органа. Збільшення завантаження конвеєра 2 відвантажувального відбувається при надходженні до дробарки 1 матеріалів з невеликими габаритними розмірами і вони не потребують дроблення.

Зміна частоти обертів електродвигунів 11 та 15 виконується плавно за рахунок налаштувань блоків 10, 13 управління. Елементи для налаштування в матеріалах заявки не показані.

Відключення дробильного агрегату виконується в такій послідовності: знімається напруга живлення з виходу блоку 10 управління при цьому електродвигун 11 та живильник 12 зупиняються, знімається напруга живлення з електродвигуна дробарки 1 і вона зупиняється, може бути відключений конвеєр 2 відвантажувальний.

Режим роботи дробарки 1 тривалий, але навантаження непостійне, що змінюється в процесі роботи. Вплив на систему електроприводу поєднує кількох факторів: зміна значень твердості і в'язкості матеріалу, зміна сил тертя в процесі дроблення, нерівномірність проходження роздрібнювальних матеріалів.

Потужність, яка споживається електродвигуном 15 конвеєра 2 визначається за виразом $P_{15} = k_3 \cdot F_t \cdot V_k / \eta_k$, Вт

де k_3 - коефіцієнт завантаження;

F_t - окружне зусилля на приводному барабані, Н;

η_k - ККД конвеєра.

В цілому для конвеєра коефіцієнт корисної дії η_k можна визначити за виразом

$$\eta_k = \eta_e \cdot \eta_m \cdot \eta_b \cdot \eta_c$$

де $\eta_e = (0,95 - 0,98)$ - ККД електродвигуна;

$\eta_m = (0,95 - 0,98)$ - ККД редуктора;

$\eta_o = (0,95 - 0,98)$ – ККД приводного барабана;

$\eta_c = (0,25 - 0,9)$ – ККД транспортування вантажу на стрічці.

Збільшення лінійної маси вантажу q_o на стрічці конвеєра 2 підвищить загальний ККД, при порівнянні її з постійними масами стрічки і обертових частин роликів змінюється в більшу сторону. Тому регулювання швидкості стрічки конвеєра 2 забезпечить зміну споживання потужності електродвигуном 15 конвеєра 2 [5].

Застосування додатково введених ключів 7, 9 аналогових, порогового елемента 6, блока 13 управління, а також джерел Е2 – Е7 постійної вхідної дії зменшить витрати енергії в дробильному агрегаті, підвищить ефективність і надійність його роботи, покращити тепловий режим електродвигунів 11 та 15. Крім того, можна уникнути технологічних перевантажень, підвищить продуктивність та ефективність регулювання завантаження дробильного агрегату. З огляду на те, що коливання фізико-механічних властивостей матеріалу, який привозиться з одного кар'єра, зазвичай, знаходяться в межах 10%, то даний пристрій дозволяє збільшити продуктивність процесу до 5%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Патент України № 20337. Кочура Є. В. Спосіб управління здрібнювальним агрегатом і пристрій для його здійснення. В02 С25/00. Бюл. № 1. 27.02.98.
2. Патент України № 62761. Дубовик В.Г., Лебедєв Л.М., Попова Є.А. Пристрій регулювання завантаження дробильного агрегату. В02 С25/00. Бюл. № 17, 12.09.2011.
3. Назаренко В. М. Системы управления механизмами дробильно - сортировочных фабрик. М., Недра, 1995 г.
4. Кошаровский Б. Ю. Автоматическое управление обогатительными фабриками. М., Недра, 1997 г.
5. Системы автоматизированного управления электропривода: Учебник / В.В. Москаленко. – М.: Инфра – М, 2004. – 208 с.

**СЕКЦІЯ 4.
МЕХАТРОНІКА ЕНЕРГОЄМНИХ
ВИРОБНИЦТВ**

УДК 62-242.2

ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИЙ ГЕНЕРАТОР ІМПУЛЬСНОЇ ДІЇ НА ПРИВИБІЙНУ ЗОНУ НАФТОВОЇ СВЕРДЛОВИНИ

Бут В'ячеслав Олександрович, інженер
Лістовщик Леонід Костянтинович, к.т.н., доцент,
Сліденко Віктор Михайлович, д.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Анотація. Розглянуто особливості застосування електрогідрравлічного пристрою, який розміщений на поверхні і діє на приви́бійну зону пласта нафтової свердловини через затрубний простір періодичними імпульсами тиску. Генерація імпульсів реалізується електрогідрравлічним розрядником, який генерує пульсації тиску в рідині, що супроводжуються ефектом Юткіна.

Ключові слова: Ефект Юткіна, розрядник, нафтова свердловина, електрогідрравліка, імпульс.

Abstract. The peculiarities of the application of the electrohydraulic device, which is placed on the surface and acts on the bottomhole zone of the oil well formation through the annulus by periodic pressure pulses, are considered. Pulse generation is realized by an electrohydraulic arrester, which generates a pulsation of pressure in the fluid, accompanied by the Yutkin effect.

Keywords: Yutkin effect, arrester, oil well, electrohydraulics, pulse.

Вступ. Проблема підвищення продуктивності видобутку корисних копалин та дебіту нафтових свердловин в Україні є актуальною. Одним із впливових факторів підвищення продуктивності свердловин є очищення приви́бійної зони від кольматантів. Практикою доведено, що технологія дії на приви́бійну зону пласта з поверхні імпульсними навантаженнями через затрубний простір між колоною насосно-компресорних труб (НКТ) і обсадною колоною є ефективною [1].

Мета роботи. Аналіз особливостей застосування імпульсно-хвильового генератора на основі застосування електрогідрравлічного розрядника з генерацією імпульсів тиску в рідині у відповідності до ефекту Юткіна.

Матеріали і методи. Методи дослідження передбачають систематизацію інформації в області пристроїв, які діють імпульсами тиску на приви́бійну зону нафтової свердловини.

Результати.

В Київському політехнічному інституті імені Ігоря Сікорського розроблена, досліджена і пройшла промислову апробацію технологія впливу на приви́бійну зону нафтової свердловини імпульсно-хвильовим генератором розташованому на поверхні, який можна застосовувати без зупинки поточного видобутку вуглеводнів. Технологія передбачає як репресійну так і депресійну дію генератора імпульсів з керуванням програмованим логічним контролером (ПЛК) режимами коливачь від зовнішнього малогабаритного електрогідроприводу зі створенням керованих прямих та імпульсних гідроударів в свердловині [1].

Конструкція генератора імпульсно-хвильових процесів, як виконавчого органу адаптивної мехатронної системи, та його модифікації захищені патентами України. Генератор розташовується безпосередньо на насосному агрегаті (рис.1).

На рис.2 наведена осцилограма згенерованих коливачь тиску в лінії нагнітання свердловини. Режим коливачь за частотою та амплітудою регулюється ПЛК за наперед заданою програмою, або в ручному режимі, з урахуванням технологічних властивостей

робочого середовища та за зворотними зв'язками за допомогою датчика тиску, за аналізом амплітуди, частоти та форми хвилі відбитої від вибою (дна) свердловини [1].



Рисунок 1 – Установка імпульсно-хвильового депресатора на насосному агрегаті ЦА-320

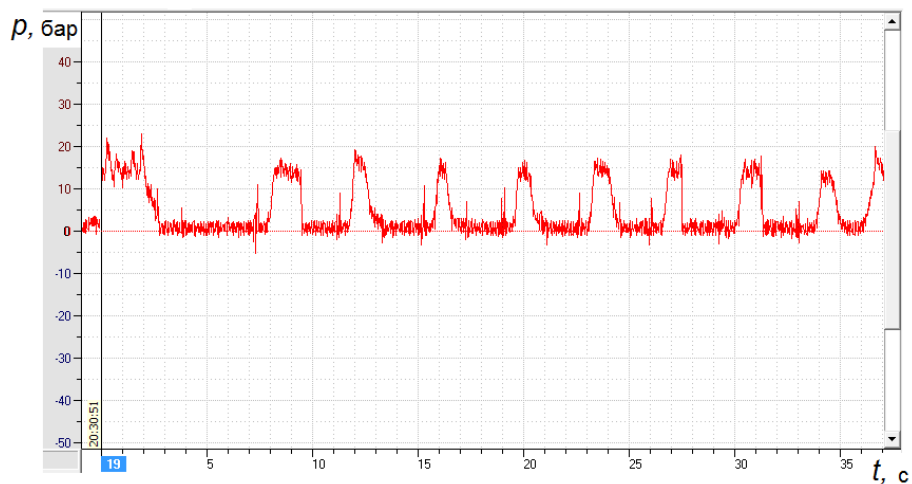


Рисунок 2 – Осцилограма процесу генерації коливань тиску

Для підвищення амплітуди імпульсів тиску запропонований електрогідравлічний генератор імпульсної дії. Типовий варіант елементів конструкції генератора наведено на рис.3 з можливістю установки генератора на поверхні з гідравлічним зв'язком безпосередньо з колоною НКТ (рис.4).

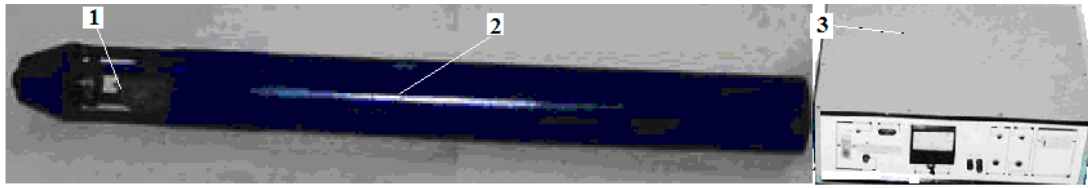


Рисунок 3 - Елементи електрогідравлічного модуля: 1 - плазмова головка; 2 - блок перетворювачів; 3 - блок керування

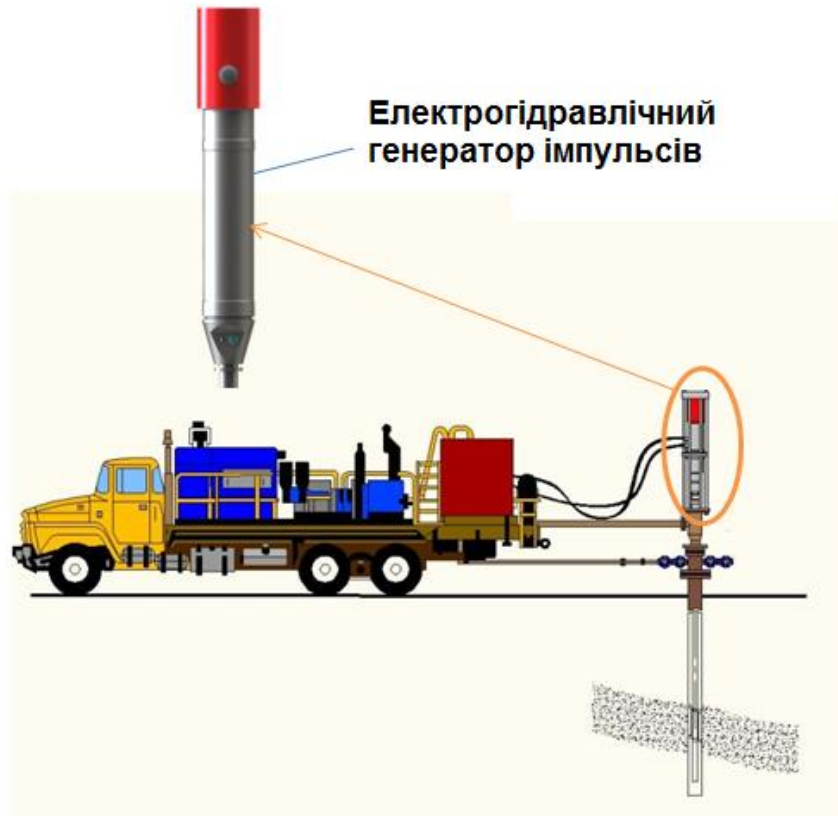


Рисунок 4 – Варіант установки електрогідравлічного генератора імпульсів тиску

Генератор імпульсів може працювати в комплексі з занурювальним обладнанням для закачування кислот і активних речовин в пласт при малій проникності породи.

Також можливе використання даного обладнання без залучення бригади капітального ремонту свердловин для впливу на продуктивний пласт фонтанних або нагнітальних свердловин.

Електророзрядний вплив на привибійну зону свердловин призначений для істотного підвищення продуктивності видобувних і приймальності нагнітальних свердловин, поліпшення сполученості зі стовбуром свердловини за рахунок збільшення системи тріщин або каналів, очищення перфораційних отворів і фільтрів.

Електророзрядний модуль функціонує шляхом інтенсивного імпульсного впливу на зону розкриття продуктивного пласта циклічними хвилями стиснення, що генеруються високовольтним електричним розрядом [3].

Як відомо, в основі імпульсних методів лежить вплив на кольматуючі утворення ударними хвилями і створених ними високошвидкісних гідродинамічних потоків.

Принцип дії пристрою полягає в використанні енергії високовольтного електричного розряду в рідині [4]. При розряді виникає комплекс фізичних явищ, супроводжуваних хвилями стиснення, гідропотоками і кавітацією, які сприяють поліпшенню фільтраційних властивостей гірських порід в привибійній зоні пласта. Високовольтний розряд формується за

допомогою енергії, яка накопичується в електричному конденсаторі і яка прямо пропорційна ємності C цього конденсатора і квадрату напруги U на конденсаторі: $E_{\text{кон}} = C \cdot U^2 / 2$. Для зарядки накопичувального конденсатора може бути використаний квазирезонансне високовольтне джерело живлення з обмеженням зарядного струму реактивним елементом [3].

Висновки

Технологія застосування електрогидравлічного генератора імпульсної дії ефективна: для підвищення продуктивності видобувних і нагнітальних свердловин при підземних і капітальних ремонтах, відновлення дебіту свердловин; для виклику припливу з свердловини при освоєнні, підвищення приймальності свердловин для підземного зберігання газу; для виклику припливу з потенційно продуктивних пластів в пошукових і розвідувальних свердловинах. Проте її основна перевага – можливість проведення робіт для підвищення видобутку вуглеводнів без зупинки промислового видобутку.

Список літератури

1. Сліденко В.М., Лістовщик Л.К., Бут В.О. Адаптивна мехатронна система імпульсно-хвильової дії на гірський масив //Електромеханічні та енергетичні системи. Методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XVI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів (м. Кременчук 12–13 квітня 2018 р.) Кременчук, КрНУ, 2018. С. 27-28.
2. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект. М.; Л.: Машгиз, 1955, 52 с.
3. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение, ленингр. отд., 1986, 253 с.

УДК 629.06

РЕКУПЕРАТИВНА СИСТЕМА АМОРТИЗАЦІЇ ДИНАМІЧНОГО ПРИСТРОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ П'ЄЗОЕФЕКТУ

Новиков Антон Олександрович, студент
Лістовщик Леонід Костянтинович, к.т.н., доцент
Сліденко Віктор Михайлович, д.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Анотація. У статті розглянуто енергетичні параметри рекуперативної системи амортизації, яка використовується в динамічних пристроях з використанням п'єзоефекту. Визначено електромеханічні параметри пристрою та проаналізовано стан п'єзоперетворювачів.

Ключові слова: П'ЄЗОЕФЕКТ, РЕКУПЕРАЦІЯ, П'ЄЗОКЕРАМІКА, АМОРТИЗАЦІЯ, ПЕРЕТВОРЮВАЧ.

Abstract. The article considers the energy parameters of the recuperative damping system used in dynamic devices using the piezoelectric effect. The electromechanical parameters of the device are determined and the state of piezoelectric transducers is analyzed.

Keywords: PIEZOEFFECT, REGENERATION, PIEZOCERAMICS, DAMPING, INVERTER.

Вступ. На сьогодні енергозбереження відіграє важливу роль у розвитку техніки, підвищуючи актуальність технологій відновлення енергії. Одним з ефективних засобів енергозбереження є рекуперація.

В загальному розумінні, рекуперація – це часткове повернення ресурсу (енергії, речовини, матеріалів) для подальшого його використання [1]. У зв'язку з подорожчанням ресурсів, принцип рекуперації став застосовуватися до пристроїв і систем, якими щодня користується звичайна людина [2].

В даній роботі розглядається використання п'єзоефекту для рекуперації механічної енергії та її перетворення в електроенергію з використанням прямого п'єзоелектричного ефекту. Він полягає у тому, що під дією механічного напруження, або, у результаті викликаного механічним напруженням пружної деформації, в нецентросиметричних діелектриках (п'єзоелектриках) виникає електрична поляризація. Як відомо, обернений п'єзоелектричний ефект виникає тоді, коли електричне поле деформує нецентросиметричний кристал. Знак електричноіндуктованої деформації змінюється зі зміною знаку електричного впливу [3].

Мета роботи. Аналіз енергетичних параметрів рекуперативної системи амортизації динамічного пристрою з використанням п'єзоефекту.

Матеріали і методи. В роботі проведено системний аналіз інформації в області рекуперації електричної енергії із застосуванням п'єзоефекту.

Результати.

У багатьох динамічних конструкціях, наприклад, ходових системах транспортних засобів, відносно легко реалізувати системи рекуперації електричної енергії за допомогою оборотних електромашин і електричних акумуляторів. При цьому основним, вже реалізованим напрямом рекуперації енергії, є апробовані на практиці різні системи генерування, акумулювання і реалізації електричної енергії, одержуваної при гальмуванні машини [4]. Під час руху транспортного засобу, неминуче виникають коливання через зміну режиму роботи та нестабільність зовнішніх умов (рельєф, потік повітря, погодні умови тощо). Динамічні пристрої, наприклад, амортизатори транспортних засобів, які встановлені для гасіння коливань, споживають велику кількість механічної енергії перетворюючи її на тепло, що розсіюється. Цю енергію, без шкоди для зниження ефективності функціонування, можливо

корисно використовувати, тобто пропонується використання п'єзокераміки для перетворення механічної енергії амортизатора в електричну. П'єзокераміка – за фізичними властивостями це полікристалічний сегнетоелектрик, який є хімічною сполукою або твердим розчином (порошок) зерен (кристалітів) [5].

Випускаються п'єзоелектричні матеріали на базі п'єзоелектричних керамічних матеріалів (далі ПКМ) вони є сегнетоелектричними з'єднаннями або їх твердими розчинами, отримані синтезом з суміші різних оксидів і солей. Більшість сучасних ПКМ складають тверді розчини титаната-цирконата свинцю (ЦТС, PZT), модифіковані різними компонентами і добавками. Випускаються також ПКМ на основі титанату барію (ТБ), титанату свинцю (ТС), ніобата свинцю (НС), титанату вісмуту (ТВ) тощо [6]. П'єзодатчики на основі ПКМ охоплюють широкий діапазон вимірювань, здатні працювати при температурах від +400°C до -270°C, що важливо, витримують високі тиску (для кераміки типу PZT значення допустимих напружень можуть доходити до $(0,7-1,0) \cdot 10^8$ Па) [7].

Взаємозв'язок електричних та механічних властивостей кристалів, що демонструють п'єзоефект, характеризується коефіцієнтом електромеханічного зв'язку $K_{зв}$. За прямого п'єзоефекту підведена до кристала механічна енергія витрачається не тільки на пружну деформацію, приводячи не лише до накопичення пружної енергії $W_{пруж}$, але й до створення електричної поляризації, що обумовлює накопичення електричної енергії $W_{ел}$ [8]:

$$K_{зв} = \sqrt{\frac{W_{ел}}{W_{пруж} + W_{ел}}} \quad (1)$$

Ефективність їх впровадження можна визначити за допомогою типового розрахунку. Так напругу, що виникає при одноразовому прикладенні навантаження, можна визначити за формулою:

$$U_1 = \frac{d_{33} \cdot F}{C},$$

$$U_1 = \frac{d_{33} \cdot F}{C} = \frac{593 \cdot 10^{-12} \cdot 12500}{4,427 \cdot 10^{-8}} = 167,4 \text{ В}, \quad (2)$$

де d_{33} – п'єзоелектричний модуль, для матеріалу PZT-5Н $d_{33} = 593 \cdot 10^{-12}$ К/Н [8]; F – сила, яка впливає на елемент конструкції із закріпленням перетворювачем, прийемо $F = 12500$ Н; C – електрична ємність п'єзоелектричного перетворювача:

$$C = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S}{l} = \frac{5000 \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 0,01}{0,01} = 4,427 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}, \quad (3)$$

де ϵ – діелектрична проникність матеріалу п'єзоелектричного перетворювача, для матеріалу PZT-5Н $\epsilon = 5000$; ϵ_0 – електрична постійна, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; S – площа п'єзоелектричного перетворювача, прийемо $S = 0,01$ м²; l – товщина п'єзоелектричного перетворювача, прийемо $l = 0,01$ м.

Сила струму I , що виникає на електродах одного перетворювача при одноразовому прикладенні навантаження, становить 0,01 А. Тоді елемент конструкції машини або механізму, що піддається навантаженню із циклічністю до 50 впливів за хвилину, з двома приєднаними перетворювачами може виробляти електричну енергію потужністю:

$$P = U_1 \cdot I \cdot n_1 \cdot n_2 = 167,4 \cdot 0,01 \cdot 50 \cdot 2 = 167,4 \text{ Вт}, \quad (4)$$

де n_1 - циклічність прикладання навантаження, од/хв;

p_2 - кількість використовуваних перетворювачів, шт.

При безперервній роботі динамічного пристрою за одну годину часу перетворювачі зможуть виробляти електричну енергію потужністю до 10 044 Вт (без обліку втрат).

Висновки.

П'єзогенератори можуть знайти своє застосування в ролі компонентів автономних рекуперативних систем машин і механізмів, що перетворюють механічне динамічне навантаження в електричну енергію.

Розрахунками підтверджена можливість отримання потужності 10 044 Вт, за напругою при одноразовому прикладенні навантаження 167,4 Вт в циклі. Проте застосування п'єзогенераторів в машинобудуванні на сьогодні обмежена існуючими недоліками конструкцій самих перетворювачів і необхідністю розробки більш досконалих технологій зі створення «пакетних» п'єзокомпонентів з кращими вихідними характеристиками, здатних забезпечувати живлення потужних пристроїв. Крім того, існують складнощі при реалізації систем рекуперації енергії на їх базі, пов'язані з потребою впровадження ефективних систем керування, передачі та накопичення енергії.

Список літератури

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / ред. В. С. Білецького. Донецьк : Донбас, 2007.- 644 с.
2. Мазуркевич М.В. Україні прогнозують різке зростання тарифів на електроенергію. *Україна комунальна*. 02.04.2021. URL: <http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/v-ukrajin-prognozujut-rzke-zrostannja-tarifv-na-jelektroenergju-62271>. (дата звернення 07.05.2021).
3. Поплавко Ю.М., Якименко Ю.І. П'єзоелектрики. Навчальний посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2013. - 327 с.
4. Посметьев, В. И. Состояние и обоснование энергосбережения машин и оборудования способом аккумуляирования / В. И. Посметьев, М. В. Жиликов, Д. В. Шмителько // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 3; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2008. – С. 85-91.
5. Жуков С. О. О пьезокерамике и перспективах ее применения. *Рынок микроэлектроники*. 03.05.2017. URL: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/01_01/stat-48.htm. (дата звернення 07.05.2021).
6. Бочкарьов Д. І., Пупачьов Д. С. Современное состояние и перспективы использования пьезопреобразователей в конструкциях мобильных машин. *Механика машин, механизмов и материалов*. 2019. №1(46). С. 13-18.
7. Довгяло В. А., Бочкарьов Д. І. Дорожно-строительные машины. Машины для земельных работ: учебное пособие. Гомель: Білоруський державний університет транспорту, 2010. - 250 с.
8. Шарапов В. М., Мусієнко М. П., Шарапова О. В. Пьезоэлектрические датчики. Москва, Техносфера, 2006. - 632 с.

УДК 62-242.2

АДАПТИВНА ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНА ІМПУЛЬСНА СИСТЕМА З ПОТУЖНИМ ВІБРОЗАХИСТОМ

Марчук Любов Романівна, аспірантка

Левчук Іван Мирославович, студент

Сліденко Віктор Михайлович, д.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Анотація. Проблема раціонального розподілу енергії в циклі роботи гідроімпульсної системи пов'язана з її адаптацією до умов робочого середовища та віброзахистом обладнання і оператора. Застосування електрогидравлічного приводу з комп'ютерним керуванням дозволяє забезпечити раціональний режим процесу руйнування гірських порід.

Ключові слова: електрогидравлічний привод, адаптація, вібрація, енергія удару, гідромолот.

Abstract. The problem of rational energy distribution in the cycle of the hydropulse system is associated with its adaptation to the working environment and vibration protection of equipment and operator. The use of an electro-hydraulic drive with computer control allows to ensure a rational mode of the rock destruction process.

Keywords: electrohydraulic drive, adaptation, vibration, impact energy, hydraulic hammer.

Вступ.

В основу конструкцій нових виконавчих органів гірничих машин, які розробляються в Україні і за кордоном, покладено енергокеруючі модулі для забезпечення раціональної адаптації до змінних статистичних характеристик вибою. Так в світовій практиці розробка та впровадження ударних виконавчих органів ґрунтуються на теорії ударно-контактного руйнування гірських порід, в якій характеристики вибою мають статистичний характер, а елементи конструкції та їх функції - детермінований. В переважній більшості машини і пристрої мають конструкції, які не адаптуються до змінних статистичних характеристик вибою [1]. При цьому перевитрати енергії на надлишкову енергію удару призводить до значного зниження надійності робочих органів та базової машини. Тому задача адаптації робочих органів машин до умов робочого середовища є актуальною [2].

Мета роботи. Аналіз впливу початкового тиску газу в пневмоакумуляторі та величини ходу зведення бойка на енергію удару гідромолота для руйнування міцних гірських порід та мерзлих ґрунтів.

Матеріали і методи. Методи дослідження передбачають: систематизацію інформації в області адаптації до змінних характеристик вибою; математичне моделювання з застосуванням програмування на ЕОМ.

Результати.

В Київському політехнічному інституті ім. Ігоря Сікорського розроблена електрогидравлічна адаптивна система керування ходом спряжених бойка і клапана [3, 4].

На рис.1 наведена схема взаємодії елементів системи адаптивного керування з гідромолотом. Величина вкорінення інструменту $x_{вк}$ залежить від міцності гірської породи. При зменшенні або збільшенні міцності гірської породи відповідно збільшується або зменшується величина вкорінення інструмента $x_{вк}$. Датчик реєструє переміщення інструменту і передає інформацію в систему адаптації, яка відповідно змінює подачу рідини для зведення спряжених бойка і клапана або змінює початковий тиск в камері пневмоакумулятора. Це призводить до зміни енергії зарядки пневмоакумулятора і адекватно – до зміни енергії удару з урахуванням змінної міцності вибою.

Для оцінки впливу початкового тиску газу p_0 для зарядки в камері пневмоакумулятора та впливу ходу x спряжених бойка і клапана проведені аналітичні дослідження.

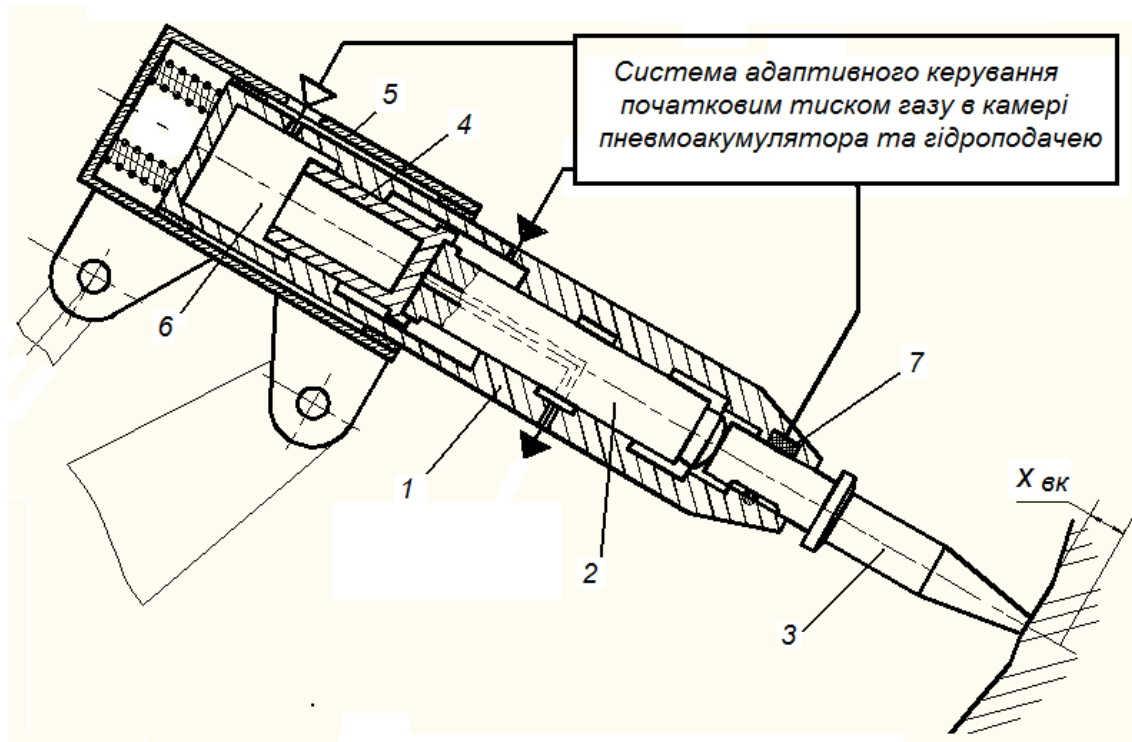


Рисунок 1 – Схема взаємодії системи адаптивного керування з гідромолотом: 1 – корпус, 2 – боек, 3 – інструмент, 4 – клапан, 5 – демпфер, 6 – камера пневмоакумулятора, 7 – датчик переміщення

Енергія зарядки пневмоакумулятора, яка відповідає енергії удару з незначними втратами визначається залежністю [1]:

$$L(x, p_0) = \frac{p_0 \cdot V_0}{n-1} \left[\left(\frac{V_0}{V_0 - S_n \cdot x} \right)^{n-1} - 1 \right], \quad (1)$$

де x – величина зведення спряжених бойка і клапана, $x = (0, \dots, 0,2)$ м;

p_0 – початковий тиск в пневмоакумулятора, $p_0 = 1, \dots, 1,6$ МПа; V_0 – початковий об'єм камери пневмоакумулятора, $V_0 = 0,0185 \text{ м}^3$; S_n – площа поршня пневмоакумулятора, $S_n = 0,0272 \text{ м}^2$; n – показник політропи, $n = 1,3$. Такі значення параметрів характерні для варіанту подальшої модернізації гідромолота ГПМ -300 Л (виробництва заводу "Атек", Україна). На рис.2 наведені результати моделювання за залежністю (1).

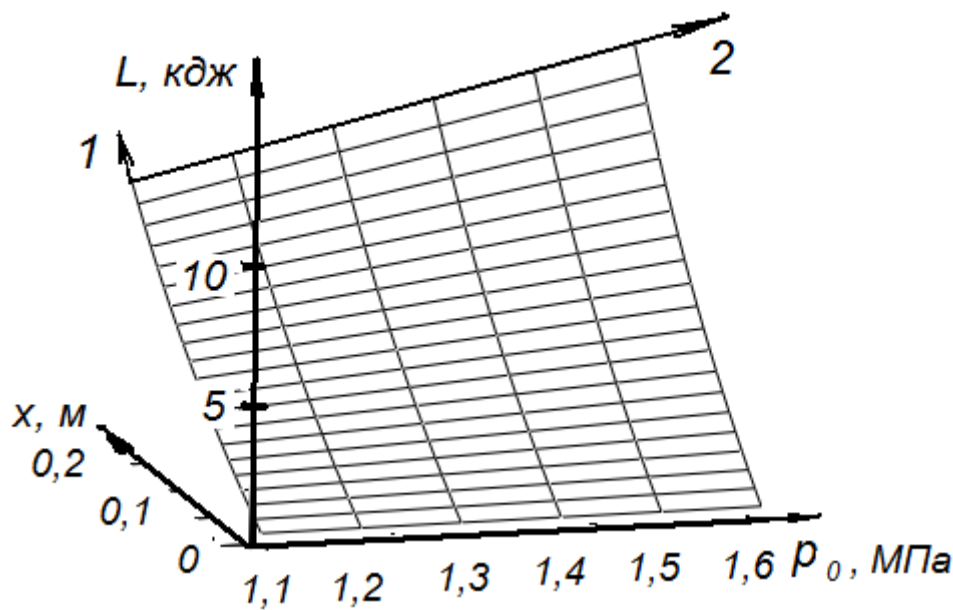


Рисунок 2 – Характеристика залежності енергії зарядки від зміни тиску p_0 - початкової зарядки пневмоакумулятора та величини x – зведення спряжених бойка і клапана; 1 – градієнтна характеристика впливу величини x ; 2 – градієнтна характеристика впливу початкового тиску p_0

Як випливає з графіків більш впливовим параметром, за кутом нахилу градієнтних характеристик до відповідних осей, є величина зведення спряжених бойка і клапана. Тим не менше, впливовим параметром залишається і тиск початкової зарядки акумулятора.

Висновки.

Комплексний вплив тиску початкової зарядки газу в камері пневмоакумулятора і величини ходу зведення спряжених бойка і клапана на енергію зарядки характеризується поверхнею з градієнтними характеристиками, за якими випливає, що вплив величини ходу зведення більш ефективний, проте ефективна і величина початкової зарядки пневмоакумулятора. При цьому значення показника політропи в середньому складає 1,3, а рекомендована зміна параметрів: величини ходу зведення (0 – 0,2) м, тиску початкової зарядки пневмоакумулятора в межах (1,1 – 1,6) МПа.

Список літератури

1. Сліденко В.М., Шевчук С.П. Стабілізація функціонування гірничої машини з імпульсним виконавчим органом: монографія, Київ: НТУУ "КПІ", 2010. 192 с.
2. Сліденко В.М., Шевчук С.П., Замараєва О.В., Лістовщик Л.К. Адаптивне функціонування імпульсних виконавчих органів гірничих машин: монографія. Київ: НТУУ "КПІ", 2013. 180 с.
3. Сліденко В.М. Адаптивний електрогідравлічний привод гідромолота // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання. Кременчук: КНУ, 2011. Вип. 1/2011. С. 114-115.
4. Патент на корисну модель 20456 Україна, МПК E02B 4/00. Гідроударний пристрій/ В.М. Сліденко, С.П. Шевчук, Л.К. Лістовщик. – заявник і патентовласник НТУУ «КПІ». №u200609022; заявл.14.06.06; опубл. 15.01.07, Бюл. №1.

УДК 62-242.2

ОЦІНКА ВПЛИВУ ДИСИПАЦІЇ ЕНЕРГІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДИНАМІЧНОГО ГАСНИКА КОЛИВАНЬ

Ярошинський Едуард Богданович, студент
Поліщук Валентина Омелянівна, старший викладач
Сліденко Віктор Михайлович, д.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Анотація. У статті досліджено вплив дисипації на частотні характеристики динамічного гасника коливань елементів конструкцій машин та механізмів. Встановлено, що із збільшенням коефіцієнта дисипації робоча зона гасника коливань розширюється і ефективність динамічного гасника зростає.

Ключові слова: динамічний гасник, коефіцієнт дисипації, амплітуда, частотні характеристики, ефективність.

Abstract. The influence of dissipation on the frequency characteristics of the dynamic damper of oscillations of the structural elements of machines and mechanisms is investigated in the article. It is established that with the increase of the dissipation coefficient the working zone of the vibration damper expands and the efficiency of the dynamic damper increases.

Keywords: dynamic extinguisher, dissipation coefficient, amplitude, frequency characteristics, efficiency.

Вступ. При роботі більшості машин та механізмів виникає вібрація. Особливо рівень вібрації зростає при виникненні резонансних явищ, які можуть призвести до руйнуючих наслідків. В цьому випадку застосовують антирезонансні технології, однією з найбільш ефективних є застосування технології з динамічними гасниками коливань [1].

Мета роботи. Оцінка впливу коефіцієнта дисипації на резонансні характеристики динамічного гасника коливань..

Матеріали і методи. Методи дослідження включають системний аналіз існуючих конструкцій та математичних моделей процесів віброгасіння; математичне моделювання з застосуванням програмування на ЕОМ.

Результати.

На рис.1 наведені розрахункові схеми на прикладі гідромолота з динамічним гасником.

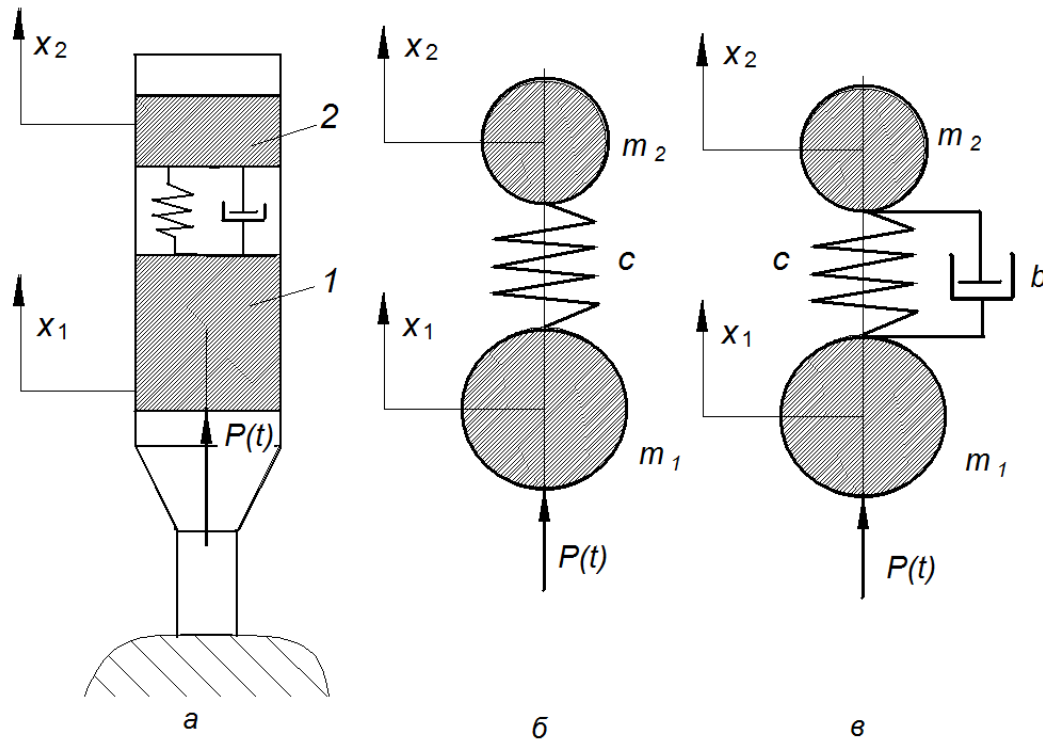


Рисунок 1 – Розрахункові схеми: а) гідромолот з динамічним гасником: 1 – корпус гідромолота, 2 – динамічний гасник; б) модель Гука без урахування дисипації; в) модель Кельвіна з урахуванням дисипації

Для моделі (рис.1, б), без дисипації для зведених в динамічному відношенні параметрів жорсткості та мас, за принципом Даламбера, характерна система рівнянь руху мас, якщо зовнішня сила $P(t) = P \cdot \sin \omega_1 t$:

$$\begin{aligned} m_1 x_1'' + c(x_1 - x_2) &= P \cdot \sin \omega_1 t; \\ m_2 x_2'' - c(x_1 - x_2) &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Для моделі (рис. 1, в), з урахуванням дисипації, характерна система рівнянь

$$\begin{aligned} m_1 x_1'' + b(x_1' - x_2') + c(x_1 - x_2) &= P \cdot \sin \omega_1 t; \\ m_2 x_2'' - b(x_1' - x_2') - c(x_1 - x_2) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Звідки, введенням заміни $c/m_1 = \omega_{01}^2$, $c/m_2 = \omega_{02}^2$, $b/m_1 = 2k_1$, $b/m_2 = 2k_2$, $P/m_1 = a$, отримаємо для моделі Гука:

$$\begin{aligned} x_1'' + \omega_{01}^2(x_1 - x_2) &= a \cdot \sin \omega_1 t; \\ x_2'' + \omega_{02}^2(x_2 - x_1) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Для моделі Кельвіна:

$$\begin{aligned} x_1'' + 2k_1(x_1' - x_2') + \omega_{01}^2(x_1 - x_2) &= a \cdot \sin \omega_1 t; \\ x_2'' + 2k_2(x_2' - x_1') + \omega_{02}^2(x_2 - x_1) &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Розглядаючи частинний випадок розв'язку (4, 5) в формі

$$x_1 = M_1 \cdot \cos \omega_1 t + N_1 \cdot \sin \omega_1 t; \quad (6)$$

$$x_2 = M_2 \cdot \cos \omega_1 t + N_2 \cdot \sin \omega_1 t .$$

методом невизначених коефіцієнтів [2, 3] встановлені залежності переміщень для моделей (рис.1 б, в) для значень параметрів: $m_1 = 180$ кг; $c = 9,1 \cdot 10^4$ Н/м; $\omega_1 = 62,8$ рад./с (≈ 10 Гц); $P = 1,08 \cdot 10^3$ Н; $a = 6$ м/с²; $\omega_{01} = \sqrt{c/m_1} = 33,54$ рад/с; $\Delta = 1,5$ (декремент затухань) [4].

Коефіцієнт дисипації визначався залежністю $k_1 = \frac{\ln \Delta \cdot \omega_{01}}{\sqrt{4 \cdot \pi^2 + \ln^2 \Delta}}$. Частотний параметр

змінювався в діапазоні: $q_2 = 0,6, \dots, 1,6$. З урахуванням того, що $\omega_{02} = \omega_1/q_2$, визначено

$$k_2(q_2) = \frac{\ln \Delta \cdot \omega_1}{q_2 \sqrt{4 \cdot \pi^2 + \ln^2 \Delta}} .$$

Отримані графіки залежностей амплітуд від частот за умов відповідно $k_1 = k_2 = 0$ та $k_1 \neq k_2 \neq 0$ наведені на рис. 2.

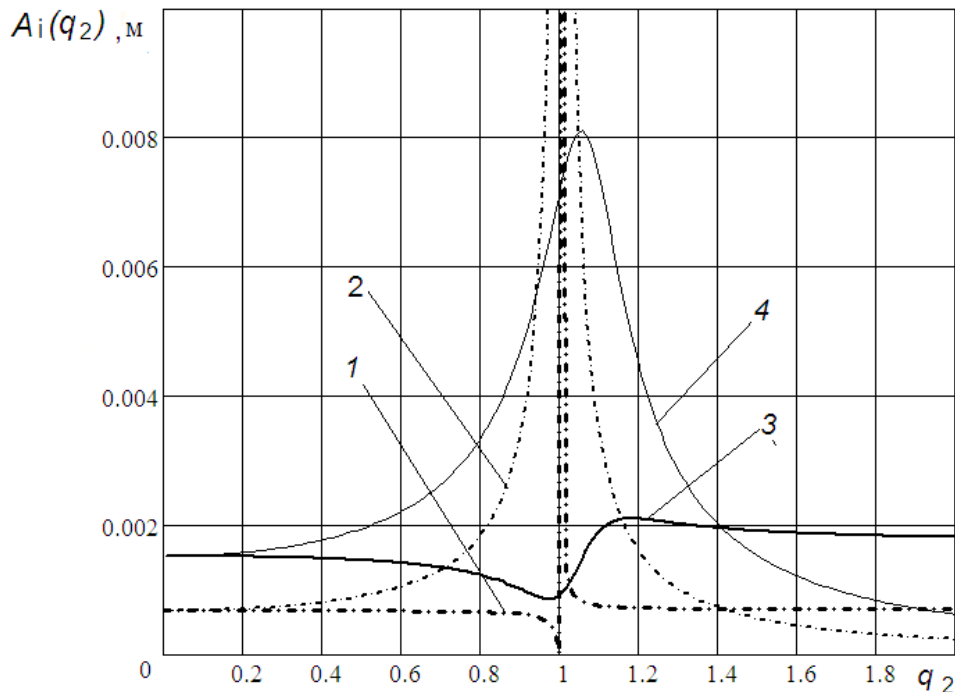


Рисунок 2 – Амплітудно- частотні характеристики коливання мас ударної машини та гасника відповідно: 1, 2- за умови $k_1 = k_2 = 0$; 3,4 – за умови $k_1 \neq k_2 \neq 0$

Як видно з наведених графіків, вплив дисипації на процес коливань (за умови раціонального вибору параметрів) дозволяє значно зменшити амплітуду коливань гасника, але умова повного антирезонансу – повне затухання коливань не досягається (крива 3 на відміну від кривої 1 не перетинає вісь абсцис при значенні $q_2 = 1$, тобто при локальному резонансі $\omega_{02} = \omega_1$), проте діапазон впливу на зменшення амплітуду коливань значно розширюється.

Висновки.

Застосування дисипаційних елементів в системі динамічного гасіння коливань значно пом'якшує режим коливань при зміні частоти власних коливань гасника або частоти

зовнішнього навантаження, зменшує амплітуду резонансних коливань та розширює діапазон впливу, а отже ефективність гасника. .

Список літератури

1. Сліденко В.М. Стабілізація функціонування гірничої машини з імпульсним виконавчим органом: монографія/ В.М. Сліденко, С.П. Шевчук. - К.: НТУУ "КПІ", 2010. - 192 с.
2. Бермант А.Ф., Араманович И.Г. Краткий курс математического анализа для вузов. М.: Наука. 1966.-736 с.
3. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. Для вузов, том второй.- М.: 1976 г.- 155 с.
4. Єрошенко В.А. Потужна дисипація енергії коливань гірничих машин гетерогенними ліофобними системами: монографія / В.А. Єрошенко, В.М. Сліденко, С.П. Шевчук, В.П. Студенець – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 180 с.

СЕКЦІЯ 5.
ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ, ГЕОІНЖЕНЕРІЯ ТА
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 661.931

Артьомов Роман Миколайович, студент
Сергієнко Микола Іванович, старший викладач
Кафедра геоінженерії
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПЕРСПЕКТИВИ, ТЕХНІЧНА, ЕКОНОМІЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВОДНЕВИХ ДВИГУНІВ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Анотація. У статті розглянута актуальна проблема розвитку і експлуатації автомобільного транспорту та його впливу на довкілля з двигунами, які застосовуються на сьогоднішній день в Україні в умовах енергетичної кризи. В роботі проведений аналіз ефективності роботи автомобільного транспорту з найбільш перспективними джерелами живлення. До уваги прийняті новітні наукові досягнення в передових країнах світу, в яких заміщують або мають ціль повністю відмовитись від неперспективних джерел енергії живлення двигунів, таких як нафтові палива. В роботі приділено основну увагу двигунам які працюють на водневих паливних елементах з відновлювальних видах енергії, мають невичерпний запас в природі, перспективи і технологічність їх отримання. Такі двигуни, при застосуванні їх в різноманітному промисловому та цивільному транспорті мають високі технічні, економічні та екологічні показники, з точки зору їх впливу на довкілля.

Ключові слова: автомобільний транспорт, шкідливі викиди, забруднення довкілля, перспективні види палива, водневі двигуни, перспективи застосування.

Abstract. The article discusses the current problems of the development of promising areas of both industrial and civil transport, the efficiency of using existing and promising fuel sources for cars with engines, which are currently used in Ukraine. The article analyzes the efficiency of the use of road transport using various energy sources for car engines and considers the most promising and efficient in terms of the main indicators. New scientific developments that are already underway in the developed world as major renewable energy sources that need to be replaced to improve the efficiency of automobile engines, such as inefficient internal combustion engines powered by non-renewable energy sources derived from oil. reviewed and recommended. The work is focused on the analysis of hybrid, pure electric and hydrogen engines, since they will be promising and will use new efficient types of renewable energy hydrogen. It is these engines that are most suitable in terms of technological, economic and, above all, environmental impact.

Key words: auto-transport, harmful emissions, environmental pollution, promising types of energy, hydrogen engine, application prospects.

Вступ. Сучасний автомобільний транспорт, який в основному використовує паливо з нафти, не дивлячись на його головні переваги при транспортуванні вантажів є самим значним забруднювачем навколишнього середовища і здоров'я людини [1]. Але запаси нафти добігають кінця, що змушує людство шукати альтернативні джерела енергії, здатні замінити «чорне золото». Сучасні автомобілі відрізняються не тільки функціональним призначенням, але і технічною базою. Сьогодні в одному класі можна вибрати автомобілі з різними типами приводу, де кожен силовий агрегат має свої особливості роботи, техніко-економічні та екологічні показники. Водневий двигун було винайдено на декілька років раніше, ніж двигун внутрішнього згорання, але екологічно чистий двигун не отримав великого успіху на час винаходу через його низьку ефективність та великі запаси нафти. Інтерес до використання водню з'явився ще в 70-х роках в період дефіциту палива.

Мета та завдання досліджень. Аналіз можливості розробки та використання водневих паливних елементів для широкого використання в автомобільних двигунах.

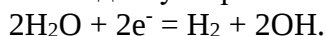
Матеріал і результати досліджень. Сучасні автомобілі застосовують самі різноманітні двигуни за джерелом енергії. Основні параметри енергоефективності автомобіля від типу двигуна наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – основні характеристики двигунів з різними джерелами енергії.

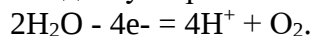
Тип двигуна автомобіля	Джерело енергії	Ефективність переробки, доставки та заправки, %	Пройдена відстань на одиницю палива	Енергетична ефективність автомобіля, Км/МДж	Повна енергетична ефективність, Км/МДж
Двигун на природ газі	Природний газ	86%	17.5 км/кг	0.39	0.32
Дизельний двигун	Нафта	90.1%	17.2 км/л	0.47	0.49
Бензиновий двигун	Нафта	81.7%	14.2 км/кг	0.46	0.38
Гібридний автомобіль	Нафта	81.7%	17.3 км/кг	0.56	0.46
Водневі двигуни	Водень	68%	97 км/л	1.67	0.83
Чистий Електро	Електро	52.5%	151 км/Вт*год	1.84	0.97

Пристрій, який дозволяє отримувати водень із води - це водневий генератор [2]. Вироблений водень як джерело отримання енергії дозволяє заощадити паливо як джерело енергії, збільшити потужність двигуна з одночасним підвищенням екологічної ефективності. Маючи джерело постійного струму з води можна отримати горючий газ водень та кисень, який підтримує горіння. Електроліз води — окисно-відновний процес розкладу води з утворенням водню і кисню відбувається за слідуною схемою:

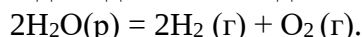
На катоді відбувається відновлення води з утворенням іонів OH^- і молекул H_2 :



На аноді здійснюється окиснення води з утворенням молекул O_2 і іонів H^+ :



Дія електричного струму призводить до окисно-відновної реакції:



Як працює водневий двигун. На спеціальних заправках паливний бак заправляють стиснутим воднем. Він надходить в паливний елемент, де є мембрана, яка розділяє собою камери з анодом і катодом. В першу надходить водень, а в другу - кисень з повітрязбірника (рис. 1). Кожен з електродів мембрани покривають шаром каталізатора (найчастіше - платиною), в результаті чого водень починає втрачати електрони - негативно заряджені частинки. В цей час через мембрану до катода проходять протони - позитивно заряджені частинки. Вони з'єднуються з електронами і на виході утворюють водяну пару і електричний струм. По суті, це - той же електромобіль, тільки з іншим акумулятором. Їмність водневого акумулятора в десять разів більше ємності літій-іонного. Балон з 5 кг водню заправляється близько 3 хвилин, його вистачає до 500 км. Принципова схема водного генератора наведена на рис. 1.

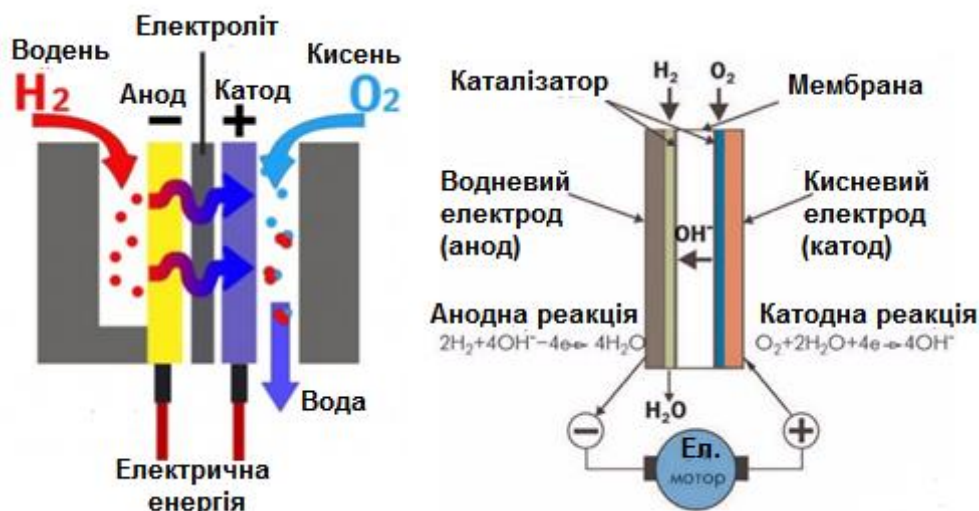


Рисунок 1 – Принципова схема водневого генератора

Однак процес отримання водню має низький коефіцієнт корисної дії. У виробничих витратах на отримання водню вартість електричної енергії становить приблизно 85%. Це істотний недолік, що перешкоджає масовому виробництву водню з води. Для підвищення ККД при виробництві водню, електроліз можна проводити під підвищеним тиском або температурою. Зараз біологи активно розробляють ще один напрямок. Деякі бактерії й водорості в процесі фотосинтезу розкладають воду і виділяють водень. Проблема в тому, що вони роблять це тільки за відсутності кисню, отже, процес триває протягом дуже короткого часу, тому що при розкладанні води, природно, утворюється і кисень. Тому, основним завданням для розвитку використання водню, є: за допомогою генної інженерії продовжити цей період. В промислових масштабах водень добувають з води в тих регіонах де є достатньо дешева електроенергія. Як показують результати досліджень в передових країнах світу, та практичні результати водневого автомобілебудування - автомобілі на водневих двигунах це майбутнє автомобілебудування [3]. Модель автомобіля з водневим двигуном і основними елементами конструкції наведена на рис. 2.

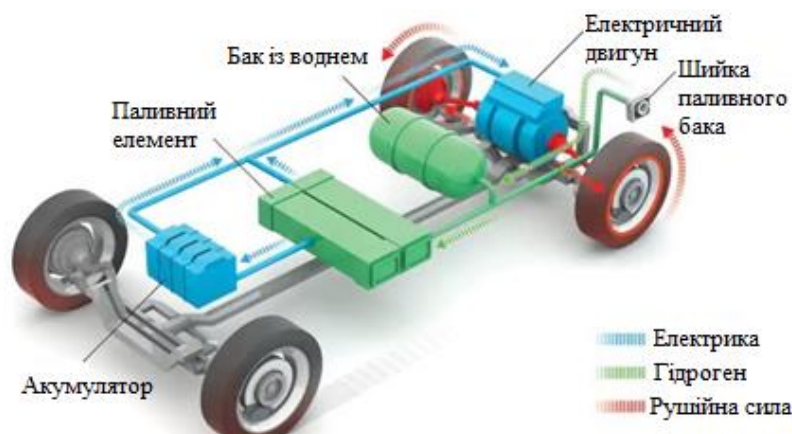


Рисунок 2 – Конструктивна модель автомобіля з водневим двигуном

Водневий автомобіль – високоекологічний вид транспорту, так як викидами від паливних елементів являються пари води, і тільки дрібні часточки при зношенні гальмівних колодок та шин. Альтернативні водневі двигуни відрізняються від інших двигунів більшим ККД, меншою токсичністю і зменшеним техногенним впливом на навколишнє середовище [4]. Шкідливі викиди в атмосферу водневих двигунів значно нижчі інших двигунів (рис.3), що

робить їх безпечними для довкілля.

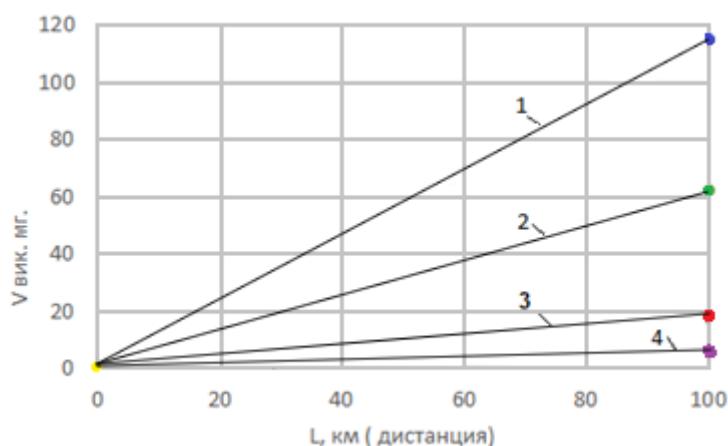


Рисунок 3 - Викиди автомобільних двигунів з різними джерелами палива:

1 – бензин, 2 - дизель, 3 - електрика, 4 – водневі елементи.

Висновки. Водневі двигуни, на сучасній стадії мають свої переваги та недоліки. Найголовніша перевага - це екологічність та високий ККД. У двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) він становить близько 35%, а у водневого - від 45%. До переваг варто віднести більш швидку заправку паливом. Водневий двигун має можливість запускатися в великі морози, що робить практичним його температурний діапазон використання. Скорочення залежності від вуглеводнів - головна особливість і найбільша перевага водневого двигуна [5].

До недоліків варто віднести більш високу вартість водню по відношенню до нафтових палив. Водневі батареї містять платину - один з найдорожчих металів в світі. Додаткові заходи безпеки також роблять двигун дорогим: зокрема, спеціальні системи зберігання та баки з вуглепластика, щоб уникнути вибуху. Для заправки воднем потрібні спеціальні станції, які коштують дорожче, ніж звичайні. Для використання в двигунах, водень стискають в 850 раз, через що тиск газу досягає 700 атмосфер. У поєднанні з високою температурою це підвищує ризик самозаймання. Водень має високу летючість, проникає навіть в невеликі щілини і легко загоряється. Отже, водневий транспорт дійсно має бути найекологічнішим видом транспорту майбутнього. Але для цього потрібно ще покращити ефективність двигуна та його безпечність для здоров'я людей.

Перелік використаної літератури

1. Степанчук І. М. Автомобільний транспорт і екологічні проблеми міст / І. М. Степанчук, О. В. Степанчук // Екологія довкілля та безпека. — 2014. № 6. — С. 88—93.
2. Водородная энергетика и топливные элементы. Взгляд в будущее/Европейская комиссия, – 2003.
3. Бусыгин, Б. П. Электромобили. Учебное пособие / Б. П. Бусыгин, М.: Энергия, 2019
4. Mersky A.C., Sprei F., Samaras C. et al. Effectiveness of Incentives on Electric Vehicle Adoption in Norway. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2016, no. 46, pp. 56–68.
5. Асланин Г.С. Проблематичность водорода в плане замещения нефти. / Энергетическая политика, – вып.2, -2006, с. 42-51.

УДК 622

Мухіна Катерина Євгенівна, к.т.н., доцент
кафедри інформаційних систем НУХТ
Заступник директора з інженерної екології та БЖД
науково-виробничої впроваджувальної фірми
ТОВ «ГЕОТЕХНОЛОГІЯ»
Мухін Євген Андрійович, Генеральний директор
науково-виробничої впроваджувальної фірми
ТОВ «ГЕОТЕХНОЛОГІЯ»

РЕСУРСООЩАДНА, ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНА ТА ЧИСТА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ПОТРЕБ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА ГІРНИЧОВИДОБУВНОГО КОМПЛЕКСІВ

Анотація. В представленій статті розглянута та наведена коротка характеристика щодо пропозиції ресурсоощадної, екологічно безпечної та чистої технології для потреб паливно-енергетичного та гірничовидобувного комплексів.

Ключові слова: гідравлічний розрив пластів, дилатансійна технологія.

Abstract. The presented article considers and provides a brief description of the proposal of resource-saving, environmentally safe and clean technologies for the needs of fuel and energy and mining complexes.

Keywords: hydraulic fracturing, dilatance technology.

Вступ. Стан загальної занепокоєності проблемою глобальної енергетичної то сировинної безпеки гіпотетично може деякою мірою послабити інтенсивність міжнародної конкуренції у відповідних секторах міжнародної економіки.

Постановка проблеми. Використовуючи лише набір конкурентних інструментів відомий та доступний для всіх, розв'язати поставлене завдання буде досить важко, якщо взагалі можливо, оскільки транснаціональні «мульти» вже зараз мають значні переваги перед вітчизняними енергетичними та сировинними компаніями, продовжуючи поки, и это следует признать, ефективніше ніж українські компанії використовувати цей кункурентний інструментарій.

Шлях «цивілізованої» конкурентної еволюції, нав'язуваний нам транснаціональними «мульти» з кожним наступним кроком ще більше посилює їх та послаблює нас, «важко гнати черепаху, які пішла раніше від нас». І в зв'язку з цим, мало не єдиною дією, здатною кардинально змінити ситуацію, є вибір шляху технологічного прориву.

Значною мірою реалізація цього шляху повинна бути забезпечена ефективною експлуатацією будь-яких революційних технологій, технологій нового покоління.

Однією з таких технологій нового покоління для сировинного та енергетичного сектору світової економіки є дилатансійна технологія.

Виклад основного матеріалу. Дилатансійна технологія, пройшовши численні позитивні апробації, маючи широкий спектр галузевого застосування, може бути ефективно застосована в основному:

- для інтенсифікації видобутку метану кам'яновугільних шарів (пластів);
- в геотермальній енергетиці;
- при розробках родовищ кристалічної сировини, включаючи алмази;
- для інтенсифікації видобутку рідкоземельних металів, включаючи золото, шляхом їх підземного вилуговування;
- для інтенсифікації видобутку уранового концентрату методом підземного

вилуговування.

А також, окремо необхідно зазначити те, що, маючи значну ринкову вартість, дилатансійна технологія може бути використана як фінансовий інструмент, який здатний підвищити капіталізацію та ефективності роботи на міжнародному фінансовому та фондовому ринках. Далі, ми коротко дамо коротку характеристику застосування дилатансійної технології за перерахованими вище основними галузевими напрямками.

1. Нафта, газ та газовий конденсат. Сучасний стан світової нафтогазової індустрії та занепокоєність майбутнім, поставило перед її видобувним сектором наступні основні завдання:

- в близькотерміновій перспективі не тільки не допустити падіння видобутку нафти та газу на вже діючих родовищах, але й наростити його;

- у середньостроковій і довгостроковій же перспективі, використовуючи весь доступний арсенал засобів, у найбільш стислі терміни підготувати комплексну базу й почати розробку експлуатацію нових родовищ нафти та газу, гранично мінімізуючи при цьому величину необхідних інвестицій;

- ще одним не менш значущим завданням є трансформація акціонерних нафтогазових компаній у вертикально інтегровані міжнародні нафтогазові компанії, а також реалізація супутнього цьому процесу розробки і використання чужих ресурсів і максимально можливої консервації своїх, що вимагає активізації роботи на зовнішніх ринках.

Базовий ефект, вироблений дилатансійною технологією, полягає в прогнозованому кратному збільшенні продуктивності нафтових, газових і газоконденсатних свердловин після їх обробки із застосуванням дилатансійної технології. Так, у випадку застосування дилатансійної технології продуктивність нафтових свердловин (в середньому) може бути збільшена у 2-3 рази, газоконденсатних у 3-4 рази, а газових свердловин у 5-7 разів.

При цьому, вартість застосування дилатансійної технології є значно нижчою, порівняно з вартістю застосування більш розповсюдженої сьогодні та менш ефективною технології інтенсифікації видобутку підземних флюїдів гідравлічним розривом пластів (ГРП).

Застосування дилатансійної технології дозволить:

Увійти максимально швидко та з мінімальними інвестиціями у стратегічно значущі зони для реалізації проектів, пов'язаних з освоєнням та експлуатацією родовищ наприклад важкої нафти у Венесуелі та особливо у Канаді, інакше кажучи, у країнах які здійснюють вагомими поставки енергоносіїв на ринок США тощо.

2. Метан кам'яновугільних пластів. Економічно виправданий випереджаючий видобуток метану з кам'яновугільних пластів (Coalbed Methane) неможливий без попередньої інтенсифікації продуктивної метанової свердловини.

Гідророзрив пластів (ГРП) є єдиною технологією, використовуваною повсюдно з цією метою. Але навіть такий лідер в цій галузі як компанія Schlumberger, визнає факт недостатньої ефективності застосування технології ГРП в кам'яновугільних структурах.

За оцінками нашої компанії у разі використання для інтенсифікації продуктивності метанових свердловин дилатансійної технології ефективність метанових проектів може бути збільшена, як мінімум, в півтора-два рази, а рентабельність «метанового» бізнесу в цьому випадку може зрівнятися з ефективністю будівельних проектів.

Використання запропонованої нами технології дозволило б прискорити роботи. Наприклад, в рамках Стратегії технологічного позиціонування в метанових проектах в Китаї, США, Канаді, Австралії тощо.

3. Геотермальна енергетика. В останній час спостерігається підвищена цікавість великих енергетичних та нафтогазових компаній до геотермальної енергетики, зокрема до геотермальним проектам на основі концепції Hot Dry Rock, застосовуючи яку потенційно є

можливою побудова геотермальної станції будь де на нашій планеті.

Однак, геотермальні проекти саме на основі цієї концепції поки не можуть вважатися економічно привабливими для фінансових інститутів через те, що основна проблема — створення вискоєфективного підземного теплообмінного резервуару, залишається не розв'язаною.

На сьогоднішній день всі відомі технології інтенсифікації геотехнічних свердловин не в змозі ефективно вирішити цю проблему.

Дилатансійна технологія є єдиною технологією, використання якої здатне кардинально вирішити вищеназвану проблему. У разі використання дилатансійної технології перед енергетичними компаніями відкривається перспектива практично безконкурентного і маловитратного входу і закріплення на тільки ще формуються міжнародних геотермальних ринках в якості їх оператора.

Трохи історії. Концепція HDR технології вперше була запропонована в 1972 році групою вчених з Національної лабораторії Лос Аламос (США).

Кінцевою метою реалізації даної концепції є потенційна можливість побудови геотермальних електростанцій практично в будь-якій точці планети, адже більш ніж 99% маси нашої планети має температуру вище 1000°C (рис.1).

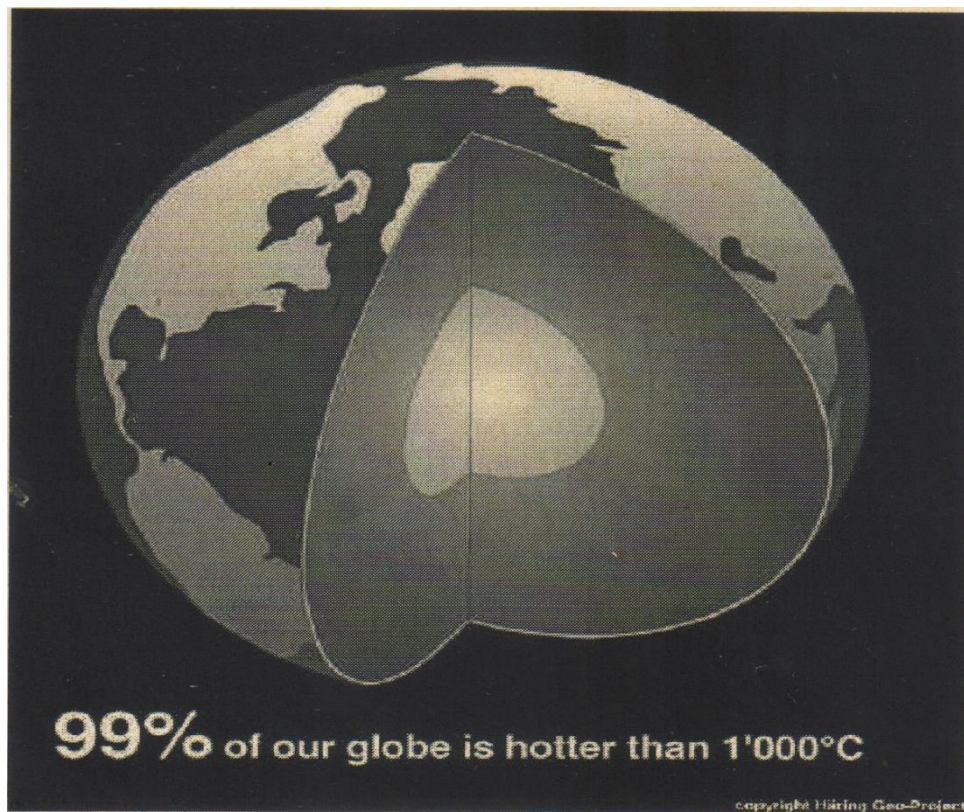


Рисунок1 – Ядро Землі

За минулі роки були здійснені або перебувають у процесі здійснення ряд HDR проектів:

Fenton Hill (США);

Hijiori (Японія);

Ogachi (Японія);

Urach (Німеччина);

Rosemanowes (Великобританія);

Fjallbacka (Швеція);

Soultz (Франція);

Базель, Женева (Швейцарія);

Reykjanes, Nesjavettir, Krafla (Ісландія) тощо.

Однак, незважаючи на величезні зусилля і витрати (близько 1 млрд.\$) досі не реалізований жоден проєкт економічна ефективність якого була б доведена і не викликала б сумнівів.

Концепція дуже проста. Через інжекційну свердловину під тиском подається вода, яка циркулює через штучно створений в скелі на глибині декількох кілометрів теплообмінний резервуар.

Проходячи через теплообмінний резервуар, вода нагрівається, і подається на поверхню ($t = 170/220^{\circ}\text{C}$) через продуктивні свердловини, де і використовується для генерування електричної енергії.

Відпрацьована ($t = 70^{\circ}\text{C}$) вода знову закачується в інжекційну свердловину.

На рис. 2 наведена двоконтурна схема геотермальної станції (HDR- концепція)

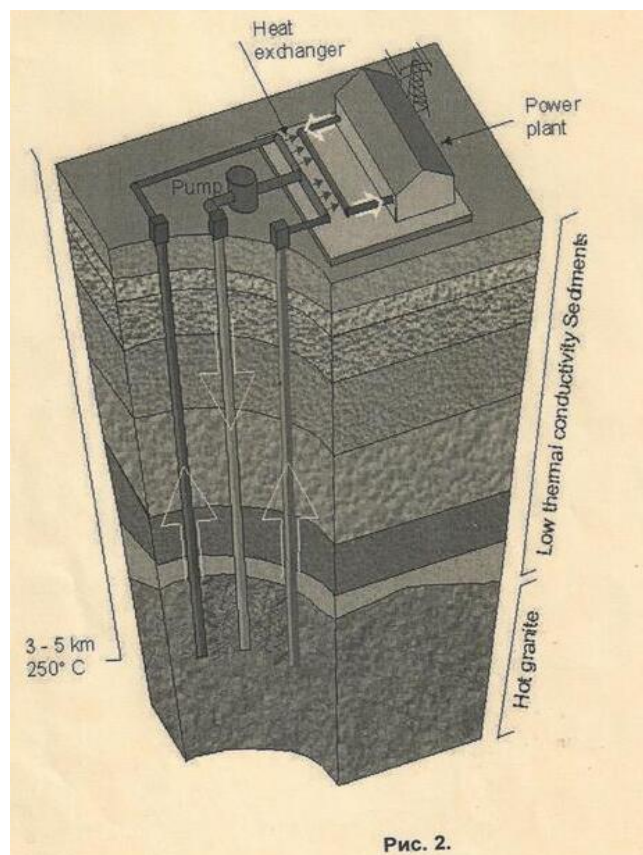


Рис. 2.

Рисунок 2 – Двоконтурна схема геотермальної станції (HDR концепція).

Основна проблема HDR технології і розвиваються на її основі проєктів пов'язана з низькою проникністю гранітних скельних порід на великій глибині (от 3500 до 6000 метрів), що з економічної точки зору вимагає значних витрат на штучне створення підземного теплообмінного резервуару.

Гідравлічний розрив пластів є на сьогоднішній день єдиною використовуваною технологією для створення підземного теплообмінного резервуара, але ступінь технологічної та економічної ефективності цієї технології явно недостатня для реалізації привабливого з інвестиційної точки зору геотермального проєкту на основі HDR технології.

У випадку використання дилатансійної технології основна проблема сучасної геотермальної енергетики в рамках HDR концепції, створення високоефективного підземного теплообмінного резервуара-може бути вирішена найкращим способом як з техніко-технологічної, так і з економічної точок зору.

4. Видобуток кристалічної сировини, включаючи алмази

Науково-технічними фахівцями нашої компанії в період з 3 серпня по 5 вересня 1982 р. був проведений повномасштабний промисловий експеримент на базі Удачинського ГЗК, кар'єр трубки «Удачна». Підірвана руда кожного блоку роздільно перероблялася на збагачувальній фабриці №11. З продукції тридобової роботи фабрики по кожному з блоків, - дослідному і контрольному, були відібрані проби кристалів для оцінки ступеня їх пошкодженості.

Результати такої оцінки, виконаної фахівцями АК "Алроса" дозволяють зробити наступний висновок:

Пошкоджуваність кристалів при застосуванні дилатансійної технології, в середньому, на 28% менше, ніж при веденні вибухових робіт з використанням традиційної технології. Цей ефект найбільш відчутний для великих кристалів ювелірного значення.

Окремо ж слід зазначити наступне: ефективне використання дилатансійної технології можливе як для наземного, так і для підземного видобутку алмазів, актуальність якої підвищується з кожним днем як наслідок виснаження наземних родовищ.

5. Видобуток рідкоземельних металів, золота і уранового концентрату шляхом їх підземного вилуговування

Вже сьогодні існує гостра необхідність освоєння родовищ рідкоземельних металів, золота і уранового концентрату з використанням технології підземного вилуговування.

У порівнянні з традиційно використовуваними методами їх відкритого або шахтного видобутку даний спосіб видобутку є більш ефективним з економічної точки зору і більш екологічно безпечним.

Якщо для інтенсифікації продуктивності геотехнологічних свердловин буде використана дилатансійна технологія, то це дозволить підвищити економічну ефективність методу підземного вилуговування, що істотно збільшить інвестиційну привабливість проектів видобутку рідкоземельних металів методом підземного вилуговування.

Застосування дилатансійної технології стане ще більш актуальним в ході реалізації проектів, що знаходяться на межі рентабельності, пов'язаних з освоєнням, наприклад, найбагатших надр приполярного Уралу.

Більш того, застосування дилатансійної технології підвищить коефіцієнт вилучення рідкоземельних металів вже розробляються або планованих до освоєння нових родовищ, а так само дозволить приступити до освоєння родовищ рідкоземельних металів раніше вважалися в силу різних причин нерентабельними.

6. Дилатансійна технологія як фінансовий інструмент

До теперішнього моменту ми говорили лише про те, що дилатансійна технологія здатна генерувати вигоди економічного характеру тільки лише як деякий технологічний інструмент.

Насправді, дилатансійна технологія, будучи об'єктом інтелектуальної власності, після проходження процедури її оцінки відповідно або з російським законодавством, або відповідно до міжнародного стандарту фінансової звітності (IFRS), може бути передана на баланс сервісної технологічної компанії у формі нематеріального активу.

Оскільки прогнозована вартість цього нематеріального активу є значною навіть для провідних російських енергетичних і сировинних компаній, то використання такого нематеріального активу в якості фінансового інструменту відкриває широкі перспективи і можливості, як перед самою сервісною технологічною компанією, так і перед її можливими партнерами з числа російських енергетичних і сировинних компаній для спільного виходу і роботи на міжнародному фінансовому і фондовому ринку.

Основні позитивні наслідки використання подібного фінансового інструменту,

очевидні, і вони наступні:

- * мінімізація вартості залучення для реалізації своїх конкурентних стратегій "їх" фінансового капіталу;
- * прискорене зростання капіталізації компаній;
- * ефективна реалізації стратегій злиття і поглинань на корпоративному рівні;
- * підвищення фінансово-економічної ефективності роботи компаній і відповідне поліпшення «PR показників» корпоративної звітності для незалежних зовнішніх інвесторів.

Висновки.

1. Сьогодні у світі існує занепокоєність проблемою глобальної енергетичної то сировинної безпеки. Така проблема гіпотетично може деякою мірою послабити інтенсивність міжнародної конкуренції у відповідних секторах міжнародної економіки.

2. У представлений статті охарактеризована пропозиція ресурсоощадної, екологічно безпечної та чистої технології для потреб паливно-енергетичного та гірничовидобувного комплексів.

Використані джерела

1. Мухин Е.А. Предложение к сотрудничеству. - К: НПВФ «ГЕОТЕХНОЛОГИЯ»- 2021-8 с.
2. Презентация «Опыт и практика». - К: НПВФ «ГЕОТЕХНОЛОГИЯ». - 2019. - 25 с.
3. Видеофильм-презентация — Санкт-Петербург. - 2007

УДК 624.19+ 303.732.4

Гайко Геннадій Іванович, д.т.н., професор
кафедра геоінженерії ІЕЕ
Савченко Ілля Олександрович
науково-дослідний відділ математичних
методів системного аналізу ІПСА

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ І ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ ПРИ ПЛАНУВАННІ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ ВЕЛИКИХ МІСТ¹

Проведена формалізація структурно-функціональних, інженерно-геологічних і техногенних факторів освоєння підземного простору та застосування їх у системній методиці мінімізації екологічних і техногенних ризиків великих міст, зокрема для обґрунтування передачі функцій найбільш небезпечних та ризикованих поверхневих об'єктів і комунікацій підземним спорудам та вибору раціональних трас і місць локалізації автомобільних тунелів. Показано інструменти, що формалізують планування і супроводжують освоєння міського підземного простору на базі системної методології мультидисциплінарного характеру (екологія, техногенна безпека, підземне будівництво, транспорт, міське територіальне планування, прикладний системний аналіз та ін.). Розроблено систему морфологічних таблиць, які враховують впливи факторів геологічного середовища та структурно-функціональних характеристик території з ризиками екологічних та техногенних загроз.

Ключові слова: підземна урбаністика, екологія міста, інфраструктура, ризики, автомобільні тунелі, морфологічний аналіз, ділянки будівництва.

The formalization is performed for structural-functional, geological engineering and technogenic factors of mastering urban space. They are incorporated in system methodology of minimizing ecological and technogenic risks of large cities, particularly for transferring the functions of the most dangerous and risk-bearing surface objects and communications to underground facilities, and selecting the rational tracks and localizations of car tunnels. The tools for formalization and support of mastering underground city space on the basis of multi-disciplinary system methodology (ecology, technogenic safety, transport, urban territory planning, applied system analysis etc.). The system of morphological tables is developed that takes into account the influence of geological environment factors and structural-functional site properties with risks of ecological and technogenic threats.

Key words: underground urban construction, city ecology, infrastructure, risks, car tunnels, morphological analysis, construction sites.

Вступ. Регулювання міського розвитку з метою підвищення екологічних стандартів і безпеки життєдіяльності в постійно зростаючих мегаполісах є однією з найбільш актуальних і водночас недостатньо досліджених та складних для розв'язання світових проблем [1]. Найбільш характерними загрозами міського середовища є забруднення повітря викидами автомобільного транспорту, динамічні та шумові прояви, негативні впливи промислових зон, сховищ відходів і сміття, прориви в системах каналізації, водо- та енергопостачання, перевантаженість очисних споруд, транспортні аварії та дорожні затори, зсувні явища та інші небезпечні процеси геологічного середовища, що привертає постійну увагу дослідників та

¹ Робота виконана в рамках проекту Національного фонду досліджень України 2020.01/0247: «Інструментарій планування підземної інфраструктури великих міст для забезпечення мінімізації екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору на основі системної методології»

екологічних організацій [2-4]. Світові концепти екологізації міського середовища значну увагу приділяють можливостям підземного простору взяти на себе функції найбільш небезпечних та ризикованих поверхневих об'єктів і комунікацій, забезпечуючи мінімізацію екологічних та техногенних ризиків великих міст [5, 6]. Складні проблеми, які супроводжують використання підземного простору великих міст, можна віднести до слабкоструктурованих проблем, підходи до вирішення яких доцільно ґрунтувати на системній методології [7, 8]. Потужним інструментом оцінювання складних об'єктів і систем з великим набором взаємопов'язаних характеристик, в тому числі якісних, яким притаманна суттєва невизначеність є Метод модифікованого морфологічного аналізу (МММА), який отримав застосування для оцінки перспектив розвитку підземної урбаністики мегаполісів [9, 10] і може бути застосований для мінімізації екологічних і техногенних ризиків при плануванні урбаністичного простору [11].

Мета роботи. Полягає в розробці методики оцінки впливів протяжних підземних споруд транспортного призначення (зокрема, автомобільних тунелів) на мінімізацію екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору.

Матеріал і результати досліджень. Науковим методом досліджень прийнято двоетапну процедуру модифікованого морфологічного аналізу (МММА), яка дозволила поєднати фактори впливу геологічного середовища та технологій спорудження підземних об'єктів зі структурно-функціональними характеристиками території будівництва автомобільних тунелів. За проектом Генерального плану розвитку Києва до 2025 року має бути побудовано вісім, автомобільних тунелів (три з них пройдуть під Дніпром), причому тунелі, крім вирішення гострих транспортних проблем, здатні різко знизити кількість вихлопних газів у середмісті, оскільки вихлопні гази з тунелю можна відвести та/або утилізувати (очистити) [12].

На першому етапі для опису геологічного середовища використовувалася морфологічна таблиця з параметрами, представленими в табл. 1. В даному дослідженні були виділені десять параметрів для його опису: 1) рівень динамічного навантаження; 2) показник статичного навантаження від поверхневої забудови; 3) показник статичного навантаження оточуючого ґрунтового масиву; 4) вплив існуючих підземних об'єктів; 5) генетичний тип та літологічний склад ґрунтів; 6) розрахунковий опір ґрунту; 7) вплив пливунів, водоносних горизонтів і верховодки; 8) тип рельєфу і морфометрія; 9) інженерно-геологічні процеси; 10) геотехнології будівництва підземних споруд.

Таблиця 1 – Морфологічна таблиця інженерно-геологічних факторів ділянки будівництва тунелю

Параметр	Альтернативи параметра
1. Рівень динамічного навантаження	1.1. Низький (46 – 53 дБ)
	1.2. Середній (53 – 73 дБ)
	1.3. Підвищений (73 – 96 дБ)
	1.4. Високий (більше 96 дБ)
2. Показник статичного навантаження від поверхневої забудови	2.1. Незначний ($K_{CH} < 1$)
	2.2. Помірний ($1 < K_{CH} < 2$)
	2.3. Відносно високий ($2 < K_{CH} < 3,5$)
	2.4. Високий ($K_{CH} > 3,5$)
3. Показник статичного навантаження оточуючого ґрунтового масиву	3.1. Незначний ($K_{MAC} < 0,05$, МПа)
	3.2. Помірний ($0,05 < K_{MAC} < 0,3$, МПа)
	3.3. Високий ($0,3 < K_{MAC} < 0,5$, МПа)
	3.4. Вельми високий ($K_{MAC} > 0,5$, МПа)
4. Вплив існуючих підземних об'єктів	4.1. Відсутній (відстань понад 50 м)
	4.2. Незначний (відстань 20 – 50 м)

Параметр	Альтернативи параметра
5. Генетичний тип та літологічний склад ґрунтів	4.3 Впливовий (відстань 10 – 20 м)
	4.4 Загрозливий (відстань ближче 10 м)
	5.1. Невивітрілі глини та піски середньої щільності
	5.2. Техногенні відклади (намівні та насипні ущільнені різновиди)
6. Розрахунковий опір ґрунту	5.3. Делювіальні глинисті ґрунти (водонасичені), обводнені надзаплавні піски
	5.4. Просідні ґрунти, ґрунти з особливими властивостями (лес, торф, мул)
	6.1. Дуже міцні ґрунтові основи >300 кПа
	6.2. Міцні 200-300 кПа
7. Вплив водоносних горизонтів і верховодки	6.3. ґрунти середньої міцності 150-200 кПа
	6.4. Відносно міцні ґрунти <150 кПа
	7.1. Водоносні горизонти у Р-N _{1np}
	7.2. Глибина залягання ґрунтових вод > 3 м, напірних > 10 м
8. Тип рельєфу і морфометрія	7.3. Глибина залягання ґрунтових вод < 3 м, напірних < 10 м
	7.4. Наявні підтоплення та/або пливуні
	8.1. Плaskі ділянки надзаплавних терас, моренно-льодовикові рівнини (нахил поверхні до 1 °)
	8.2. Слабко нахилені поверхні надзаплавних терас, ділянки вододілів (нахил поверхні 1-4 °, щільність розчленованості рельєфу 0-2 км/км ²)
9. Інженерно-геологічні процеси	8.3. Долини малих річок, слабко розчленовані схили, висока заплава (нахил поверхні 4-8 °, щільність розчленованості рельєфу 2-3 км/км ²)
	8.4. Зсувонебезпечні ділянки схилів з активним розвитком ярів, провалів, низька заплава (нахил поверхні >8 °, щільність розчленованості рельєфу 3-4 км/км ²)
	9.1. Відсутні
	9.2. Процеси застабілізовані
10. Геотехнології будівництва підземних споруд	9.3. Прояв зсувних зміщень незначних об'ємів
	9.4. Активний прояв просідання, підтоплення, гравітаційних процесів
10. Геотехнології будівництва підземних споруд	10.1. Відкриті
	10.2. Підземні

На основі оцінювання цієї таблиці розраховувались ваги елементів рішення. Морфологічна таблиця для елементів рішення (табл. 2) була дещо адаптована порівняно із попереднім дослідженням: залишені тільки ті фактори ризику (параметр D), які пов'язані з інженерно-геологічними процесами, решта факторів ризику розглядаються в рамках другого етапу; крім того, модифіковані альтернативи рекомендованих масштабів і глибини підземного будівництва (параметри B, C) наведені з урахуванням того, що підземне будівництво стосується конкретного класу об'єктів (тунелі). Для параметра F (рівень збитку) враховується, як вартість будівництва тунелю Q, помножена на співвідношення довжини найбільш несприятливої ділянки W. Остаточний вигляд адаптованої морфологічної таблиці наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Морфологічна таблиця елементів рішення щодо ділянки будівництва тунелю

Параметр	Альтернатива
А. Придатність ділянки	А.1. Придатна
	А.2. Непридатна
В. Масштаб об'єкта	В.1. Площа перерізу до 10 м ²
	В.2. Площа перерізу до 25 м ²
	В.3. Площа перерізу до 40 м ²
	В.4. Площа перерізу понад 40 м ²
С. Рівень забудови	С.1. 0–10 м
	С.2. 10–20 м
	С.3. 20–60 м
	С.4. глибше 60 м
D. Фактор ризику	D.1. Відмова конструкцій, порушення функціональності
	D.2. Зростання вартості будівництва та експлуатації споруд
	D.3. небезпечний вплив на поверхневі чи сусідні підземні об'єкти
	D.4. Ініціація зсувних явищ та інших інженерно-геологічних процесів
Е. Ступінь ризику	Е.1. <3%
	Е.2. 3–10%
	Е.3. 10–20%
	Е.4. 20–50%
	Е.5. >50%
F. Рівень ризику	F.1. 0,1–5% QW
	F.2. 5–20% QW
	F.3. 20–50% QW
	F.4. >50% QW

На другому етапі була обрана група ризиків, яка визначила побудову морфологічних таблиць для завдання аналізу структурно-функціональних характеристик території за допомогою МММА. Зі структурно-функціональної точки зору потенційне будівництво тунелю впливає на досить велику частину міського простору, яка суттєво виходить за межі власне ділянки над трасою тунелю. У межах цього простору структурно-функціональні характеристики можуть значно відрізнятися, причому в їх традиційному оцінюванні присутній суб'єктивізм, пов'язаний як з якісною природою більшості з цих характеристик, так і з визначенням меж території, на яку вплине потенційне будівництво тунелю. Метод морфологічного аналізу дозволяє певною мірою подолати різноманітність і суб'єктивізм за рахунок використання незалежних оцінок окремих альтернатив кожного з параметрів, і проведення перерахунку оцінок альтернатив з використанням матриці взаємозв'язків, що коригує початкові грубі оцінки шляхом урахування впливу інших характеристик об'єкта.

Побудована морфологічна таблиця другого етапу містить 8 параметрів, які є найбільш важливими для визначення доцільності тунелю і його впливу на мінімізацію різного роду екологічних та техногенних ризиків: 1) тип забудови в районі потенційного тунелю – цей

параметр впливає в першу чергу на вагомість різних факторів ризику. Для житлової забудови, туристичних об'єктів, парків більшу вагу мають фактори забруднення повітря і шуму; для промислової забудови і незабудованих територій ця вага значно менша; 2) щільність житлової забудови – параметр доповнює попередній, тісно пов'язаний з рядом інших параметрів і теж визначає вагомість факторів ризику; 3) фактор середмістя – визначає, наскільки територію можна віднести до такої, що входить до середмістя або впливає на автомобільний рух у середмісті; 4) залюдненість в районі існуючої траси і потенційного тунелю – параметр впливає на вагомість факторів ризику – в першу чергу, аварій (більший ризик для пішоходів), також факторів шуму і забруднення. Також параметр впливає на здатність тунелю зменшити вплив факторів ризику, оскільки тунель створює менше можливостей для аварій і заторів, викликаних пішохідними переходами; 5) інтенсивність автомобільного руху в районі потенційного тунелю – параметр першочергово впливає на доцільність побудови тунелю. Також є помітний вплив цього параметра на вагомість факторів ризику – чим інтенсивніший рух, тим більш важливим стає фактор заторів. При великій інтенсивності руху тунель значно вплине на всі фактори ризику – чим інтенсивніший рух буде переведено в тунель, тим менше буде вплив всіх розглядуваних факторів ризику; 6) середня швидкість автомобільного руху на найбільш завантажених ділянках у години «пік» в районі потенційного тунелю – параметр змінює вплив тунелю на фактори ризику: якщо швидкість була низька – тунель зменшує фактор забруднення і заторів, якщо швидкість була висока – тунель зменшує фактор шуму і аварій. Також висока швидкість свідчить про вагомість фактору аварій – на високій швидкості аварії є більш небезпечними; 7) наземна зв'язаність кінців тунелю автошляхами – параметр впливає на доцільність побудови тунелю, вагомість фактору заторів – при поганій зв'язаності наявність або відсутність заторів є дуже критичною. Відповідно, є зв'язок і в протилежний бік – якщо зв'язаність була погана, то побудова тунелю здійснює позитивний вплив на фактор заторів за рахунок розвантаження шляхів; 8) пропускна здатність наземних шляхів в районі потенційного тунелю (ширина доріг, наявність перехресть, в тому числі нерегульованих) – параметр впливає на доцільність побудови тунелю, вагомість фактору заторів – при поганій пропускній здатності наявність або відсутність заторів є дуже критичною, потенційний тунель здійснює позитивний вплив на фактор заторів і аварій. Параметри впливу та їх альтернативи розміщені в морфологічній таблиці 3.

Таблиця 3 – Морфологічна таблиця параметрів впливу на структурно-функціональні і екологічно-безпекові фактори

Параметр	Альтернативи параметра
1. Тип забудови в районі потенційного тунелю	1.1. Житлова забудова
	1.2. Адміністративні будівлі, комерційна забудова
	1.3. Архітектурні пам'ятки й туристичні об'єкти
	1.4. Парки, зони відпочинку
	1.5. Промислова забудова
	1.6. Незабудовані території
2. Щільність житлової забудови	2.1. Дуже низька
	2.2. Низька
	2.3. Середня
	2.4. Висока
3. Фактор середмістя	3.1. Ділянка розташована в зоні середмістя
	3.2. Ділянка поза середмістям, але суттєво впливає на автомобільний рух у середмісті
	3.3. Ділянка поза середмістям (без впливу на нього)

Параметр	Альтернативи параметра
4. Залюдненість в районі існуючої траси і потенційного тунелю	4.1. Дуже низька
	4.2. Низька
	4.3. Середня
	4.4. Висока
5. Інтенсивність автомобільного руху в районі потенційного тунелю	5.1. Низька
	5.2. Середня
	5.3. Висока
	5.4. Дуже висока
6. Середня швидкість автомобільного руху на найбільш завантажених ділянках у години «пік» в районі потенційного тунелю	6.1. до 15 км/год
	6.2. 15-30 км/год
	6.3. 30-60 км/год
7. Наземна зв'язаність кінців тунелю автошляхами	7.1. Дуже погана (немає відносно прямих шляхів, значний об'їзний рух з певними недоліками,)
	7.2. Погана (між кінцями тунелю є лише один шлях, який має певні недоліки)
	7.3. Середня (між кінцями тунелю є один магістральний шлях або декілька альтернативних шляхів з недоліками)
	7.4. Добра (між кінцями тунелю є більше одного магістрального шляху)
8. Пропускна здатність наземних шляхів в районі потенційного тунелю	8.1. Погана (вузькі дороги, багато перехресть, особливо нерегульованих, захащеність шляхів)
	8.2. Середня (є перехрестя, але в основному регульовані)
	8.3. Висока (магістралі, мало перехресть, вони регульовані)

Для імплементації розроблених процедур опрацювання експертних оцінок за розробленими морфологічними таблицями використовувалось програмне забезпечення SAS Studio, для якого були написані користувацькі модулі мовою C# у середовищі Microsoft Visual Studio 2017. Модулі відповідають окремим крокам МММА: побудова морфологічних таблиць; оцінювання морфологічних таблиць; оцінювання матриць взаємозв'язків; розрахунок ваг альтернатив параметрів для двоетапної процедури морфологічного аналізу. Така система дозволяє конструювати морфологічні дослідження для достатньо складних задач, включаючи розглянуту в цій роботі. Загальний вигляд взаємодії між модулями МММА для задачі оцінювання пріоритетності території для підземного будівництва наведено на рис. 1.

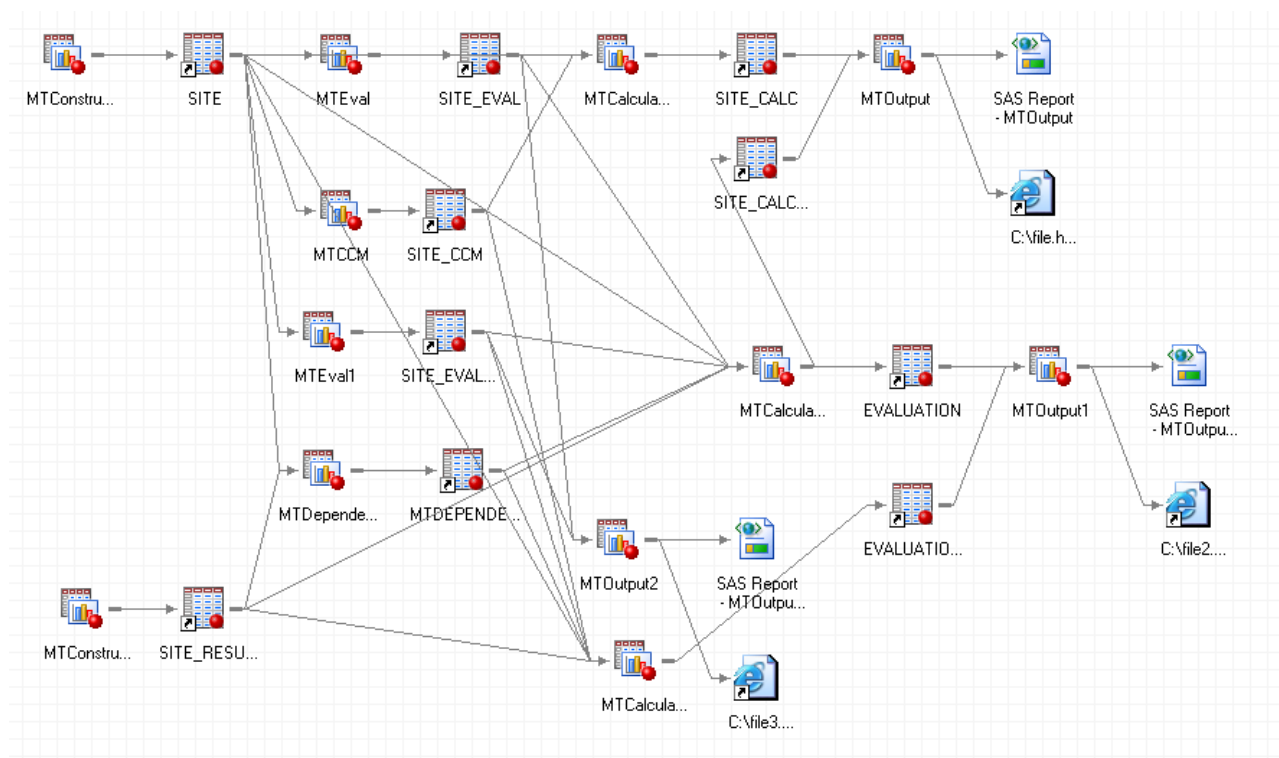


Рисунок 1 – Модель в SAS Studio для оцінювання пріоритетності території для підземного будівництва

Для користування моделлю достатньо ввести вхідні дані, отримані на основі опитувальних форм, по ділянці території, подальша процедура МММА виконується автоматично, надаючи необхідні результати по обох етапах методу.

Висновки. Системна методологія, її сучасні інструменти та модифікації відкривають нові можливості для планування міської інфраструктури з метою підвищення екологічних стандартів і безпеки життєдіяльності. Для надання підтримки прийняттю рішень щодо оцінки пріоритетності будівництва об'єктів підземної транспортної інфраструктури мегаполісів з урахуванням екологічних і техногенних ризиків розроблена й апробована морфологічна модель та інструментарій МММА. Розроблена методика оцінки впливів протяжних підземних споруд транспортного призначення (зокрема, автомобільних тунелів) на мінімізацію екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору. Побудовані морфологічні таблиці інженерно-геологічних факторів ділянки будівництва тунелю, елементів рішення щодо траси тунелю, параметрів впливу на структурно-функціональні і екологічно-безпекові фактори та матриця взаємозв'язків між цими параметрами. Вперше цільовою функцією морфологічної моделі розвитку підземної інфраструктури великих міст є мінімізація екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору. Розроблена морфологічна модель відкриває можливості для системного аналізу транспортної інфраструктури мегаполісу і оцінки доцільності передачі частини транспортних функцій автомобільним тунелям на територіях запланованих трас.

Література

1. World Urbanization Prospects 2018: Highlights. United Nations. New York, 2019.
2. Е. В. Корендясева, Экологические аспекты управления городом. М.: МГУУ Правительства Москвы, 2017.

3. Елисеев Д.О. Риски в современных мегаполисах: виды, особенности, специфика// Региональная экономика и управление. – №4 (52), 2017.
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища м. Києва за 2017 рік. – Київ: КМДА, 2018. – 128 с.
5. P. H. Gilbert et al., Underground Engineering for Sustainable Urban Development. Washington: The National Academies Press, 2013.
6. Голубев Г. Е. Подземная урбанистика и город. М.: МИКХиС, 2005.
7. Zgurovsky M.Z., Pankratova N.D. System analysis: Theory and Applications. Springer. – 2007. – 475 p.
8. Панкратова Н.Д., Савченко І.О. Морфологічний аналіз. Проблеми, теорія, застосування. – Київ: Наукова думка. – 2015. – 245 с.
9. Панкратова Н.Д., Гайко Г.І., Савченко І.О. Розвиток підземної урбаністики як системи альтернативних проєктних конфігурацій. – К.: Наукова думка, 2020. – 134 с.
10. Н. І. Naiko, I. O. Savchenko, and I. O. Matviichuk, “Development of a morphological model for territorial development of underground city space”, *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, vol. 3, pp. 92-98, 2019.
11. Гайко Г.І., Савченко І.О., Вапнічна В.В. Морфологічна модель розвитку підземної інфраструктури великих міст для мінімізації екологічних і техногенних ризиків урбаністичного простору// *Геоінженерія*. – 2020. – №4. – С. 7 – 18.
12. Гайко Г.І., Булгаков В.П., та Сіверин М.О. Система автомобільних тунелів як спосіб розв’язання транспортних і екологічних проблем мегаполісу// *Вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут», серія «Гірництво»: Збірник наукових праць*, вип. 30, 2016. - С. 196–206.

УДК 502/504

Чепель Алла Євгеніївна, аспірант
Кафедра екології та технології рослинних полімерів
Кофанова Олена Вікторівна, д.п.н., к.х.н., професор
Кафедра геоінженерії
КПІ імені Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПОБЛИЗУ ДИТЯЧИХ МАЙДАНЧИКІВ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ

У роботі розглянуто особливості впливу автотранспорту на забруднення атмосферного повітря поблизу дитячих майданчиків. Досліджено вплив викидів забруднюючих речовин на якість атмосферного повітря та здоров'я населення. Наведено додаткові причини, які сприяють накопиченню забруднюючих речовин.

Ключові слова: автотранспорт, забруднення, атмосферне повітря, джерело викиду.

The peculiarities of the influence of motor transport on air pollution near playgrounds are considered in the work. The impact of pollutant emissions on air quality and public health has been studied. Additional reasons that contribute to the accumulation of pollutants are given.

Key words: vehicles, pollution, atmospheric air, emission source.

Вступ. Численні дослідження переконливо показують, що міський громадський і приватний транспорт істотно забруднюють атмосферне повітря в містах, що обумовлює ряд проблем зі здоров'ям населення. Під час проектування житлових будинків та прилеглих до них територій, забудовники розраховують лише можливий вплив автостоянок на навколишнє середовище, однак при цьому розраховується лише цикл «в'їзд-виїзд» та рух авто в межах стоянки. Враховуючи те, що більшість будинків в Україні побудовані ще за радянськими нормами, коли забезпеченість автомобілями була низькою, то кількість майданчиків для паркування не можуть задовольнити потреби сучасних власників авто. Це призводить до паркування поблизу стін житлових будинків і як наслідок формування підвищеного рівня забруднення атмосферного повітря в дворі. Ще одним з недоліків такого паркування є особливість забудови дворів, при якому утворюються замкнуті об'єми що призводять до так званих застійних зон. У зв'язку з цим в умовах все зростаючих автомобілізації і урбанізації необхідний ретельний інструментальний контроль за технічним і екологічним станом автотранспорту, а також екологічний моніторинг територій.

Мета та завдання. Метою роботи є проведення теоретичного аналізу впливу автотранспорту на атмосферне повітря поблизу дитячих майданчиків та пошук найкращого рішення для вирішення проблеми навантаження на повітряне середовище, спричинене роботою двигунів.

Матеріал і результати досліджень. Зазвичай в дворах багатоповерхових будинків можна спостерігати безгаражне зберігання автомобілів на майданчиках, які не пристосовані для автостоянок і у 75 % розташовані поблизу або на дитячих майданчиках. Це створює серйозні проблеми для екології, так як на відкритих автостоянках автомобілі працюють із включеним в режимі холостого ходу двигуном при холодному пуску та розігріві, що особливо загострюється в холодну пору року.

Автомобільний транспорт є найбільшим забрудником атмосферного повітря і є шкідливим, так як його вихлопи в основному надходять у повітря майже на рівні дихання людини, а особливо дітей.

В результатах останніх досліджень Інституту гігієни та медичної екології ім. Марзеєва АМН України висвітлено інформацію, про небезпечну величину для навколишнього

природного середовища та здоров'я людини, і це є інтенсивність транспортного потоку більше 300 машин за годину і також відстань 100 метрів до проїжджої частини доріг [1].

Так при спалюванні приблизно одного літру бензину, можна спостерігати утворення близько 16 кубометрів або 16000 літрів суміші різних газів, що можуть містити здебільшого оксид вуглецю, леткі органічні сполуки, оксиди азоту, вуглеводні, альдегіди, сажу, залізо, свинець, трихлорметан, бенз(а)пірен, мідь, цинк, бром [2].

Можна виділити такі особливості автомобільного транспорту, що впливають на погіршення санітарних умов проживання в містах:

- великі темпи росту кількості автомобілів порівняно з ростом кількості стаціонарних автостоянок;
- автомобілі розосереджуються по місту та займають 50 % території;
- автомобілі заповнюють всі проїзди, двори житлових будинків, дитячі майданчики;
- низьке розташування джерела викиду забруднення від землі 0,5-0,7 м, в результаті чого відпрацьовані гази скупчуються в зоні дихання людини, а особливо дітей.

Показники токсичності двигуна в системі переміщень автомобіля зображені в таблиці 1 [3].

Таблиця 1 – Умови роботи та показники токсичності бензинового двигуна в системі переміщення автомобіля

Режим роботи двигуна	За часом, %	Частка режиму,%				За витратою палива,%
		За об'ємом ВГ,%	За викидами,%			
			gCO	gCH	gNO _x	
Холостий хід	39,5	10	13-25	15-18	0	45
Розгін(прискорення)	18,5	45	29-32	27-30	75-86	5
Сталий режим	29,2	40	32-43	19-35	13-23	37
Примусовий холостий хід (ПХХ)	12,8	5	10-13	23-32	0-1,5	13

З таблиці видно, що на режим прискорення (розгону) в міському циклі руху автомобіля припадає понад 75 % викиду оксидів азоту, третина викидів CO і CH. Другим по забруднюючому ефекту є режим усталеного руху – на нього припадає третина викидів CO і CH і четвертина викидів NO_x. Примусовий холостий хід характеризується максимальними викидами CH [3].

На масштаб і ступінь токсичності забруднення повітря від викидів автотранспорту можуть впливати 4 складові:

- 1) технічний стан автомобілів.
- 2) якість застосовуваного палива.
- 3) розвиток транспортної інфраструктури і організація дорожнього руху.
- 4) використання альтернативних видів транспорту / палива.

Проведені нами візуальні дослідження демонструють тенденцію до паркування автомобілів у дворах біля дитячих майданчиків, та тривалу зупинку зі включеним двигуном на прогріві або холостому ході. Згідно норм паркування автомобілів у дворах більшості будинків заборонено.

Загальні нормативи відповідно розташування автомобільних стоянок закладені у Державних санітарних правилах планування та забудови населених пунктів, які затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 р. за № 173, а також у Державних будівельних нормах України “Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень” (ДБН 360-92). Згідно цих норм відкриті майданчики, що

використовуються для постійного зберігання приватних авто місткістю до 300 машин, необхідно розташовувати на периферії мікрорайонів, а також спеціально виділених територіях житлових районів, що віддалені від дитячих майданчиків, територій відпочинку населення, дитячих садочків, шкіл [4].

За оцінками ВОЗ, щодня близько 93 % (1,8 млрд.) дітей у віці до 15 років дихають забрудненим повітрям наражаючи своє здоров'я та розвиток на серйозну небезпеку. Однією з причин особливої уразливості дітей до впливу забрудненого повітря є той факт, що вони дихають частіше, ніж дорослі, і тому поглинають більше забруднювачів [5].

Встановлено, що концентрація сполук свинцю в газоподібному стані в містах може досягати 140 мг/м^3 , що провокує свинцеві анемії, поліневрити, порушення засвоєння вітамінів, погіршення імунітету та багато інших патологій. Неорганічні форми сполук свинцю, що завдяки пилу надходять до організму людини, викликають явища астми, бронхітів, судинної недостатності, порушення уваги. Основна частка свинцю надходить в організм людини під час дихання.

Встановлено, що в районах з високим вмістом в повітрі бенз(а)пірену вище захворюваність і смертність від раку легенів. Спостереження показали, що в будинках, розташованих поруч з великою дорогою (до 10 м), жителі хворіють на рак в 3-4 рази частіше, ніж в будинках, віддалених від дороги на відстань 50 м [3].

Таким чином, атмосфера дворів житлових будинків та розташованих в них дитячих майданчиків є сильно забрудненою багатьма домішками автотранспортного походження, що негативно впливає на здоров'я міських мешканців.

Висновки. Як показав аналіз, дитячі майданчики поблизу яких розміщуються парковки, зазнають сильного антропогенного навантаження, де пріоритетним забруднювачем є автомобільний транспорт. Зважаючи на негативний вплив на здоров'я людей необхідно на державному рівні вирішувати питання розміщення паркувальних місць ще при проектуванні та реконструкції будинків. Також потрібно збільшувати кількість зелених насаджень навколо дитячих майданчиків. На державному рівні необхідно створити систему моніторингу забруднення повітря та розміщення постів спостереження в житлових масивах.

Список використаної літератури

1. Кіреєва І. С. Гігієнічна оцінка забруднення атмосферного повітря в зоні впливу міських вулиць різних категорій / І. С. Кіреєва, Н. Б. Булига, С. М. Могильний. // МОЗ. – 2003. – №5. – С. 14–18.
2. Клебанова Н. С. Вплив пересувних та стаціонарних джерел викидів забруднювальних речовин на якість атмосферного повітря в місті Києві в 2009-2010 роках / Н. С. Клебанова, Д. О. Клебанов. // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2011. – №260. – С. 237–240.
3. Цыплакова Е. Г. Приборы и методы контроля и мониторинга воздействия автотранспорта на атмосферный воздух северных городов : дис. докт. техн. наук : 05.11.13 / Цыплакова Елена Германовна – Санкт-Петербург, 2014. – 347 с.
4. Державні будівельні норми України “Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень” (ДБН 360-92). [Електронний ресурс] // ЛІГА:ЗАКОН. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <https://kga.gov.ua/files/doc/normy-derjavy/dbn/Mistobuduvannja-Planuvannja-i-zabudova-miskyh-i-silskyh-poselen-DBN-360-92.pdf>.
5. Доклад ВОЗ. Загрязнение воздуха и здоровье детей: прописываем чистый воздух [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.who.int/ru/news/item/29-10-2018-more-than-90-of-the-world%E2%80%99s-children-breathe-toxic-air-every-day>.

УДК 553.31

Бриворош Ірина Олександрівна, студент
Жукова Наталія Іванівна, канд. техн. наук, доцент
Кафедра геоінженерії
КПІ імені Ігоря Сікорського

УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ПІДПРИЄМСТВ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ

У статті розглянуто методи використання шлаків підприємств чорної металургії. Проаналізовано методи, які активно використовуються на підприємствах чорної металургії в Україні та світі.

Ключові слова: шлак, використання шлаків, металургійне підприємство.

The article considers the methods of useful use of slag of ferrous metallurgy enterprises. The methods that are actively used at ferrous metallurgy enterprises in Ukraine and the world are analyzed.

Key words: slag, use of sludge, metallurgical enterprise.

Вступ. Металургійні підприємства є невід’ємною частиною сучасного світу, і проблема викидів твердих речовин з кожним роком стає дедалі гострішою. На сьогодні утилізація шлаків є дуже актуальною темою, оскільки природні запаси руди виснажуються через активний розвиток машинобудівної, будівельної, авіакосмічної та інших промисловостей, відповідно і викидів стає дедалі більше.

Отже, проаналізувавши інформацію з літературних джерел [1, 2], можна виділити декілька основних методів використання шлаків:

- у сфері виготовлення будівельних матеріалів;
- у шлаковому литті;
- у прокладенні шару «подушки» для автомобільних доріг;
- у вигляді меліоранту для удобрення ґрунту;
- використання доменного шлаку у сфері залізничного транспорту.

Мета дослідження:

- визначення методів утилізації шлаків металургійних підприємств;
- дослідження найбільш доцільного шляху використання шлаків.

Матеріал та результати досліджень.

Найпоширеніша сфера застосування шлаків металургійних підприємств – це виробництво будівельних матеріалів. Частіше за все з цією метою використовують відходи чорної металургії. Так, наприклад, широке застосування у цій сфері знайшли доменні шлаки, яких викидається значна кількість: 0,5–0,6 т на 1 т чавуну [1]. При обробці шлаків отримують різноманітні будівельні матеріали, такі як цемент, пемза, наповнювачі бетону тощо.

Основним споживачем шлаків є цементна промисловість, яка використовує майже 75% вироблених відходів.

Використання шлаків для створення будівельних матеріалів дозволяє заощадити на видобуванні необхідних ресурсів та не виснажувати родовища корисних копалин. Також це вирішує проблему утилізації твердих викидів металургійних підприємств.

Інший вид утилізації доменних шлаків – шлакове лиття. Тобто відливання зі шлаків металошлакових труб, плит тощо. Заміна такими трубами сталевих може заощадити до 150 т металу [1].

Один з найновіших методів утилізації шлаків – використання їх у побудові автомобільних доріг. Зокрема зі шлаків формують «подушку» для автодоріг. Відмічається більша міцність доріг, що прокладені на такій шлаковій «подушці». Також в залежності від вимог щодо довговічності та міцності можливе прокладання шлакової основи з одного або двох шарів. Найменша товщина шару встановлюється такою, щоб розміри найбільших частин

складали близько 0,7-0,75 відносно товщини шару [2].

Використання шлаків для побудови автодоріг має низку переваг:

- економічність, оскільки використання відходів підприємства набагато дешевше (знижує вартість прокладання шару до 15%), ніж закупівля необхідних ресурсів;
- екологічність, яка проявляється в утилізації викидів твердих речовин підприємства та збереженні корисних копалин, які були замінені шлаками;
- практичність технології, яка полягає в довговічності такого типу побудови асфальтової дороги та легшого прокладання шару завдяки більшій шорсткості поверхні ніж у традиційного гранітного щебеню.

Яскравим прикладом підприємства в Україні, що використовує шлаки для прокладання доріг є ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», який взяв за приклад такі країни як США, Японія, Китай та Бразилія, в яких ця технологія вже давно задіяна.

«Криворіжсталь» пропонує ще декілька методів утилізації шлаків свого підприємства – використання шлаків у вигляді меліоранту для удобрення ґрунту та використання доменного шлаку в залізничній сфері замість щебеню [3].

Висновок. Основною проблемою для підприємств чорної металургії є накопичення шлаку, який займає великі площі. Ця проблема є не тільки незручністю для самого підприємства, а й впливає на стан навколишнього середовища. Тому в даній роботі як вихід з ситуації пропонуються такі методи утилізації шлаків металургійних підприємств, як використання їх у будівельній промисловості, при прокладенні автодоріг, використання як добрива та в залізничній сфері замість щебеню. Такі технології використовуються у США, Бразилії, Китаї, Японії та деяких країнах Європи. На підприємстві ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» застосовуються деякі з перерахованих методів утилізації.

Отже, в Україні на підприємствах чорної металургії рекомендується використання перспективних сучасних методів утилізації шлаків, що знайшли широке застосування в світі.

Список використаних джерел:

1. Использование отходов предприятий черной и цветной металлургии в строительной промышленности [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/90/5669/>.
2. Отходы металлургии энергетического комплекса применяемые для строительства автомобильных дорог [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://science-bsea.bgita.ru/2011/mashin_2011_1/pugin_othod.htm.
3. ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukraine.arcelormittal.com/index.php?id=10&pr=669&lang=ru>.

УДК 658

Єзгор Альона Віталіївна, студент
Жукова Наталія Іванівна, канд. техн. наук, доцент
Кафедра геоінженерії
КПІ імені Ігоря Сікорського

ПРОБЛЕМИ СМІТТЄЗВАЛИЩ В УКРАЇНІ

Проаналізовано існуючий стан міського сміттєзвалища. Запропоновано метод поводження з ТПВ для міста Вараш. Запропоновано метод рекультивації міського сміттєзвалища. Описано методи, які актуальні не лише для даного сміттєзвалища, їх можна використовувати також і для тисяч інших сміттєзвалищ в нашій країні.

Ключові слова: сміттєзвалище, ТПВ, сміттесортувальна лінія, рекультивація.

The current state of the city landfill is analyzed. The method of solid waste management for the city of Varash is offered. A method of reclamation of a municipal landfill is proposed. Methods that are relevant not only for this landfill, they can also be used for thousands of other landfills in our country are described.

Key words: landfill, solid waste, waste sorting line, reclamation

Вступ. В наш час в 21 столітті в світі ще і досі використовуються неперспективні та навіть небезпечні методи поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ). Дуже часто їх використовують країни 3 світу та країни що розвиваються. Україна також відноситься до однієї з цих категорій. Країни Європи мають чимало планів та методів боротьби з ТПВ, такі методи є безпечні та дуже перспективні і для нашої країни також.

Мета та завдання:

- Проаналізувати стан міського сміттєзвалища в місті Вараш;
- запропонувати метод поводження з ТПВ для міста Вараш;
- запропонувати метод рекультивації міського сміттєзвалища.

Результати досліджень

Полігон по захороненню ТПВ є об'єктом, що експлуатується з 1992 року. Площа полігону становить 6,445 га. Розрахунковий термін експлуатації полігону – до 2020 року.

Проектна потужність полігону майже вичерпана. Проектом передбачається звільнення частини території полігону від накопиченого масиву твердих побутових відходів і переміщення цього масиву на земельну ділянку площею 0,4293 га в межах полігону. Ділянку складування буде виконано котловинного типу. Метод, який приймається для ущільнення відходів при складуванні, – ущільнення катком.

Утворений таким чином на полігоні ТПВ простір передбачається використовувати для розміщення відсортованої частини ТПВ.

Також проектом передбачається:

- на в'їзді існуючого полігону ТПВ встановити ваги;
- на вільній території полігону ТПВ розмістити сортувальну станцію сміття;
- переміщення частини сміття з існуючої карти та хаотично розміщеного сміття на нову відведену ділянку з пошаровим ущільненням та пересипкою інертним ґрунтом; ділянка заповнюється повністю та закривається з виконанням рекультивації.

Рекультивація полігону ТПВ

Рекультивація закритих полігонів - комплекс робіт, спрямованих на відновлення продуктивності та народногосподарської цінності відновлюваних територій, а також на поліпшення навколишнього середовища.

Рекультивація таких звалищ вимагає виконання великого обсягу підготовчих робіт, а

саме:

- проведення комплексу екологічних досліджень (гідрогеологічних, геологічних, ґрунтових, дослідження атмосфери, перевірки відходів на радіоактивність тощо);
- вирішення питань з утилізації відходів, консервації фільтрату, влаштування екранів і т.д.

Рекультивація проводиться після закінчення стабілізації закритих полігонів – процесу зміцнення звалищного ґрунту, досягнення нею постійного стійкого стану. З огляду на розташування полігону ТПВ подальше використання його пропонується під посів багаторічних трав. Термін процесу стабілізації прийнятий 2 роки.

В кінці процесу стабілізації проводиться завезення ґрунту автомобільним транспортом для засипки і планування провалів, що утворилися.

Рекультивація полігону виконується в два етапи: технічний і біологічний. Технічний етап рекультивації включає дослідження стану звалищного тіла і його впливу на навколишнє природне середовище, підготовку території полігону (звалища) до подальшого цільового використання.

До нього відносяться: отримання вичерпних даних про геологічні, гідрогеологічні, геофізичні, ландшафтно-геохімічні, газохімічні та інші умови ділянки розміщення полігона (звалища), створення рекультиваційного багатофункціонального покриття, планування, формування укосів, розробка, транспортування і нанесення технологічних шарів із потенційно-родючих ґрунтів, будівництво доріг, гідротехнічних та інших споруд.

Для вироблення рішень щодо виключення впливу газохімічного забруднення атмосфери визначають склад і властивості утворюваного біогазу, змісту органіки, вологисті та інші дані.

З урахуванням отриманих даних і аналізу кліматичних і геологічних умов розташування полігону складається прогноз, і вибирається метод дегазації і конструкція рекультиваційного покриття полігону.

Біологічний етап рекультивації включає заходи щодо відновлення території закритих полігонів для їх подальшого цільового використання в народному господарстві. До нього відноситься комплекс агротехнічних і фіто-меліоративних заходів, спрямованих на відновлення порушених земель. Біологічний етап здійснюється слідом за технічним етапом рекультивації.

Роботи з рекультивації закритих полігонів містять систему заходів, здійснюваних як в період експлуатації, так і в процесі проведення робіт. Для визначення обсягів робіт, вибору технології і обладнання в період підготовки до проведення рекультивації проводиться паспортизація полігону за звітними даними спецавтогосподарства, комбінатів благоустрою та ін. по підпорядкованості, за весь період експлуатації закритого полігону [1-2].

На рис. 1 зображено технологічну схему рекультивації полігонів.

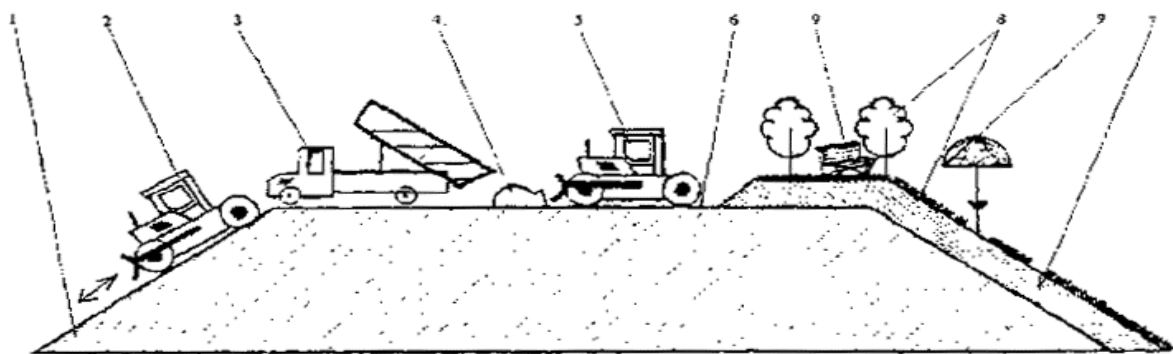


Рисунок 1 – Технологічна схема рекультивації закритих полігонів без переробки ґрунту
 1 – виположений укіс полігону; 2, 5 – бульдозер; 3 – автотранспорт; 4 – насипний ґрунт; 6 – закрите звалище; 7 – рекультиваційний шар закритого звалища; 8 – біологічний етап рекультивації; 9 – рекреаційний, сільськогосподарський, лісгосподарський напрям рекультивації.

За даною схемою проводиться виположування укосів (1) бульдозером (2), навантаження і доставка автотранспортом рослинного ґрунту і потенційно родючих земель (4), які розрівнюються бульдозером (5) по поверхні полігону (6), чим створюється рекультиваційний шар (7), і закінчується технічний етап. Надалі проводиться біологічний етап (8) і здійснюється один з обраних напрямків рекультивації (9).

До процесів технічного етапу рекультивації відносяться стабілізація тіла полігону, виположування укосів, створення рекультиваційного багатофункціонального покриття, передача ділянки для проведення біологічного етапу рекультивації.

Технічний етап рекультивації закритих полігонів включає такі операції:

- завезення ґрунту для засипки тріщин і провалів, його планування;
- створення укосів з нормативним кутом нахилу. Операції проводяться зверху вниз при висоті полігону над рівнем землі більше 1,5 м.

Виположування проводиться бульдозером зверху вниз переміщенням звалищного ґрунту з верхньої бровки полігону на нижню шляхом послідовних заходок.

Нормативний кут укосу для лук і пасовищ встановлюється не більше 7° .

Верхній рекультиваційний шар закритих полігонів складається з шару підстилаючого ґрунту і насипного шару родючого ґрунту. На рисунку 2 можна побачити приклад захисного екрану ТПВ.

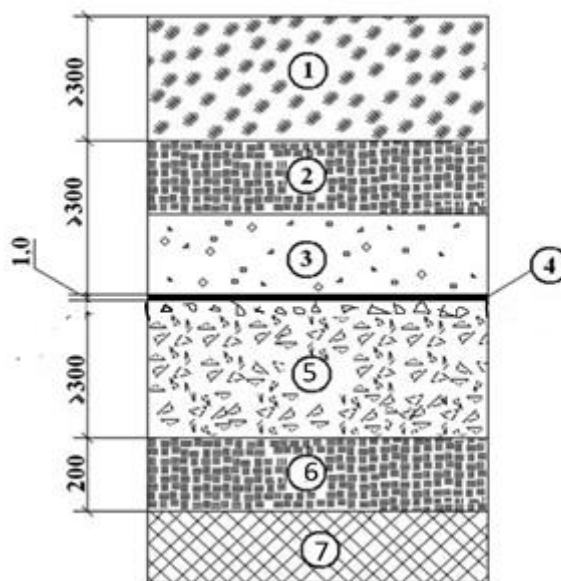


Рисунок 2 – Приклад захисного екрану ТПВ із застосуванням бентонітових матів
 1 – шар родючого ґрунту; 2 – шар суглинку; 3 – дренажний шар (піщаний); 4 – синтетична гідроізоляція (бентонітовий мат); 5 – газовий дренаж (щебінь фракції 20 – 40 мм); 6 – технологічний екран (суглинистий); 7 – захоронені ТПВ.

В якості штучного підстилаючого шару (слабопроникного покриття) застосовуються: щільні суглинки і глини товщиною шару не менше 200 мм і з коефіцієнтом фільтрації не більше 10–3 см/с. Родючі землі на закриті полігони завозяться з місць тимчасового складування ґрунту або інших можливих місць їх утворення. Завезення родючих земель

проводиться автотранспортом. Планування поверхні до нормативного кута нахилу виконується бульдозером.

Після закінчення технічного етапу ділянка передається для проведення біологічного етапу рекультивації закритих полігонів. Біологічний етап рекультивації триває 4 роки і включає наступні роботи: підбір асортименту багаторічних трав, підготовку ґрунту, посів і догляд за посівами.

У перший рік проведення біологічного етапу проводиться підготовка ґрунту, що включає в себе дискування на глибину до 10 см, внесення основного добрива відповідно до норми, з наступним боронуванням в 2 сліди і передпосівним прикочуванням. Потім проводиться роздільно-рядовий посів підготовленої травосуміші. Травосуміш складається з двох, трьох і більше компонентів. Підбір трав для травосуміші повинен забезпечувати хороше задернення території, що рекультивується полігону, морозо- і посухостійкість, довговічність і швидке відростання після скошування.

Глибина загортання насіння 1 – 1, 25 см, а великого насіння – 3–4 см. Відстань між однойменними рядками 45 см, а між загальними рядками 22,5 см.

Догляд за посівами включає в себе полив з розрахунку забезпечення 35-40% вологості ґрунту, повторність поливу залежить від місцевих кліматичних умов, скошування на висоті 10-15 см і підгодівлю мінеральними добривами відповідно до норми підгодівлі з подальшим боронуванням на глибину 3-5 см.

В подальшому на 2, 3 і 4 роки вирощування багаторічних трав проводиться їх підживлення азотними добривами в весняний період, боронування на глибину 3-5 см, скошування на висоту 5-6 см і підгодівля повним мінеральним добривом з розрахунку 140-200 кг/га з подальшим боронуванням на глибину 3-5 см і поливом з розрахунку 200 куб. м/га при одноразовому поливі.

Через 4 роки після посіву трав територія, що рекультивується, передається відповідному відомству для здійснення сільськогосподарського цільового використання земель.

Таким чином, при дотриманні передбачених заходів вплив планованої діяльності на геологічне середовище та ґрунти оцінюється як допустимий.

Тепер на території сміттєзвалища можна встановити сміттесортувальну лінію. Нова сміттесортувальна лінія організована на базі колишньої станції навантаження сміття. Відтак, привезені відходи скидають у систему сепаратора, що допомагає розірвати сміттєві мішки та відсіяти дрібну фракцію. Звідти крупна фракція поступає на лінію сортувальника, її вручну відсортовує персонал.

Відсортовану вторсировину можна продавати на спеціальні заводи з переробки, це пластик, скло, папір, поліетилен, батарейки, дерево і т. д. В подальшому в місті Вараш на місці сміттєзвалища можна збудувати сміттєспалювальний завод для сміття, яке не переробляється, та органічні відходи, де з них вироблять електрику, опалення та біогаз [2-3].

Висновки. Було проаналізовано та оцінено нинішній стан сміттєзвалища міста Вараш. Дане сміттєзвалище переповнене і потребує рекультивації. Запропоновано метод рекультивації міського полігону ТПВ, що дасть змогу використати рекультивовану територію для того щоб посадити багаторічні трави, аби через 4 роки після посіву трав територію, що рекультивується, передати відповідному відомству для здійснення сільськогосподарського цільового використання земель.

Окрім того запропоновано метод поводження з ТПВ для міста Вараш. На даному етапі розвитку міста найдоцільнішим буде запровадження сміттесортувальної лінії, а в майбутньому можливо побудувати і сміттєспалювальний завод. Дані методи вирішення питань стосовно полігонів ТПВ можуть бути застосовані і на інших полігонах в Україні, яких на даний момент є понад 5000.

Список використаних джерел:

1. Рекультивація полігону ТПВ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://center-ltd.com.ua/proektuvannya-poligoniv-tpv-ta-rekultyvatsiya-smittyezvalyshh-hudobomogylnykyv/>
2. Рекультивація полігону [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://solvetpv.lviv.ua/rekultyvatsiya/>
3. Сміттесортувальне обладнання [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.reline.com.ua/rishennya/smittyesortuvalne-obladnannya/>.

УДК 504

Починок Юлія Олександрівна, студент
Жукова Наталія Іванівна, канд. техн. наук, доцент
Кафедра геоінженерії
КПІ імені Ігоря Сікорського

УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ЗАЛІЗОРУДНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

У статті проводиться дослідження окремих аспектів технологічного процесу видобування залізної руди, утворення, склад відходів та визначення недоліків використання хвостовищ та засоби їх запобігання.

Ключові слова: залізна руда, відходи, хвостовища.

The article examines some aspects of the technological process of iron ore mining, formation, composition of waste and identifying the disadvantages of using tailings and means to prevent them.

Key words: iron ore, waste, tailings.

Вступ. На сьогодні залізорудна промисловість і металургійний комплекс забезпечують понад чверть вітчизняного товарного виробництва та є основними бюджетоутворюючими галузями, що мають стратегічне значення для країни. Однак, ситуація з видобутком залізної руди загострюється, що обумовлено цілою низкою факторів-внутрішніх, зовнішньоекономічних, а також недосконалістю деяких технологічних процесів, що призводить до: негативного впливу на екологію, нераціонального використання ресурсів, а також проблеми зберігання відходів. Хоча раціональне використання сировини на всіх стадіях переробки є найважливішим технологічним завданням сучасного виробництва, проте одна з основних проблем галузі, тобто проблема поводження з відходами – все ще існує, оскільки гірничорудна галузь при виробництві основної продукції видає значну кількість відходів, маса яких перевищує обсяги видобутої руди.

Отже, актуальність пошуку нових ефективних шляхів вирішення питання поводження з відходами з кожним роком зростає. Також важливим є поліпшення екологічної складової, яка пов'язана з недосконалістю системи відвалів та хвостовищ, оскільки їх надмірне використання спричиняє багато негативних наслідків, таких як: зрушення відвалів, провали земної поверхні, шкідливі викиди в атмосферу та підтоплення територій.

Мета дослідження:

- визначення недоліків технологій поводження з відходами залізорудної промисловості;

- виокремлення ефективних напрямків складування, зберігання та утилізації відходів.

- **Матеріал та результати досліджень.** В Україні найбільш поширеним способом видобування залізної руди є відкритий – видобування корисної копалини в кар'єрах. Разом з розробленням кар'єру виймають і розміщують у відвали величезні маси розкритих і вмісних порід, обсяги яких складають 30–70% від рудної маси, яку видобувають. Найбільша кількість порід, що попутно видобувається, – це кристалічні сланці, кварцити, роговики й інші близькі до них скельні породи. Серед розкритих порід є і напівскельні та м'які, в основному осадові – глини, піски, суглинки, вапняки тощо. Скельні породи, попередньо розпушені вибуховим способом, розробляють екскаваторами і видаляють у відвали автомобільним або залізничним транспортом. За гранулометричним складом відвальні скельні породи є неоднорідним матеріалом – від пилоподібних і піщаних фракцій до глиб розміром 1м. Переважний гранулометричний склад – 10–200мм. Істинна густина цих порід залежить від вмісту заліза і знаходиться в межах 2600–4100кг/м³, середня–3000кг/м³.

Основним напрямом утилізації розкритих скельних і напівскельних порід є використання їх для спорудження дамб обвалування, гребель, насипів, основ доріг, для

планувальних робіт, а також для виробництва будівельних матеріалів. Скельні породи широко використовують для виробництва щебеню, який застосовують як крупний заповнювач у важких і особливо важких бетонах. На багатьох гірничо-збагачувальних комбінатах України побудовані щебеневі комплекси. Об'єми утворення цих відходів перевищують масштаби можливої переробки, і основним напрямом їх використання є зворотна засипка і рекультивація кар'єрів [1].

В процесі збагачення руд, особливо з низьким вмістом корисного компоненту, утворюється значна кількість відходів – хвостів збагачення [2].

Вони утворюються при отриманні залізного концентрату методами електромагнітної або магнітної сепарації [1].

Хвости у своєму складі містять цінні елементи: залізо, алюміній, марганець, дорогоцінні та рідкісні метали, інші метали і неметали, переважно у вигляді хімічних сполук.

Хвостосховища являють собою природну або штучно створювану (за допомогою огорожувальної дамби) на понижених ділянках земної поверхні ємність для організованого складування і зберігання хвостів, освітлення і відводу води. Розміри хвостосховищ можуть бути різними, залежно від необхідних об'ємів складованих відходів і наявності земельних ресурсів.

Проектують хвостосховища площею від кількох сотень до 2 тис. га. У цих штучних утвореннях зберігається більше 3,6 млрд.т. дрібнодисперсних високоабразивних шлаків [2].

Для розкриття і подальшого вилучення рудних мінералів руду подрібнюють. Тонкість подрібнювання залежить від технології збагачення, характеру і вмісту руди у сировині. Об'єми відходів складають 40–60% від об'єму збагачуваного матеріалу.

Хвостове господарство – один з найдорожчих об'єктів збагачувального комплексу. Частинки хвостів мають необкочену і неправильну форму. Окрім пустої породи, в хвостах присутні частинки залізовмісних мінералів, кількість яких може досягати 15–20%. Хвости є незв'язним матеріалом, середньозважений діаметр частинок коливається в межах 0,005–0,2 мм, переважають частинки розміром 0,07–0,005 мм. Істинна густина коливається в межах 2600–4000 кг/м³, середня–3000 кг/м³.

Видаляють хвости в хвостосховища гідравлічним способом у вигляді пульпи. При скиданні пульпи в хвостосховище на надводних пляжах відбувається фракціонування хвостів за густиною і крупністю. У зонах, що близькі до випуску, відкладаються найкрупніші і важчі частинки, вміст заліза в цих зонах може перевищувати 30%. Хвостосховища займають величезні площі, підтоплюють прилеглі території, забруднюють підземні води. Надводні пляжі, що підсихають, створюють інтенсивне пиління [1].

Одним із способів боротьби з пилом на хвостосховищах є закріплення поверхні сухих пляжів, похилих дамб за допомогою хімічних речовин. Стабілізація хвостосховища може бути досягнута утворенням на його поверхні за допомогою в'язких речовин монолітного покриття. Таке покриття можна одержати поверхневим просоченням хвостів в'язкою сумішшю або перемішуванням такої суміші з хвостами (пульпою) при їхньому складуванні з наступним ущільненням отриманої маси [3].

Хвости збагачення використовують для спорудження вторинних дамб на хвостосховищах, також можна використовувати їх як вторинну сировину для виробництва будівельних матеріалів: піски з відходів збагачення в будівельних розчинах, як дрібні заповнювачі у важких і особливо важких бетонах, для спорудження штучних основ піддороги, будівлі, споруди, для зворотних засипок тощо [1].

Висновок. Залізрудна галузь при виробництві основної продукції викидає колосальну кількість відходів, маса яких може перевищувати обсяги видобутої руди. Відходи, які утворюються у процесі збагачення руд, складаються та зберігаються у хвостовиках. Проте використання хвостовищ має негативні наслідки, такі як : підтоплення територій тощо. Для зменшення та ліквідації негативного впливу хвостосховищ на довкілля слід проводити

операції знепилення поверхонь сухих «пляжів» хвостосховищ шляхом нанесення закріплюючої суспензії на основі бентонітової глини, яка є нетоксичним відходом гірничо-видобувної промисловості.

Список використаних джерел:

1. Утилізація промислових відходів/[Електронний ресурс]-Режим доступу <https://core.ac.uk/reader/78066340>
2. Добровольский И.А., Ефанов А.Т. Шламовые поля горнообогатительных комбинатов Криворожского бассейна и некоторые вопросы их рекультивации Вопросы степного лесоведения и охраны природы (Комплексная экспедиция ДГУ - лесному хозяйству). - Днепропетровск: ДГУ, 1977.- 322 с.
3. Лапшин А.Е. Отчет о научно-исследовательской работе Разработка технологии обеспыливания сухих поверхностей шламохранилища Сев ГОК. - Кривой Рог: КТУ, 2004.- 44 с.

УДК 61.615

Ряба Валерія Михайлівна, студент
Гребенюк Тетяна Володимирівна, канд. техн. наук, доцент
Кафедра геоінженерії
КПІ імені Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА МЕТОДИ ЇХ ОЧИЩЕННЯ

Розглянуто проблему забруднення стічних вод від фармацевтичних підприємств. Досліджено, які речовини можна виявити в стічних водах. Проаналізовано, які існують технології очищення стічних вод фармацевтичних виробництв.

Ключові слова. *Фармацевтичні підприємства, стічні води, скиди, препарати, сполуки, біологічне очищення, мембрана, термічне знезараження, реактив Фентона, кавітація, окислення.*

The problem of wastewater pollution from pharmaceutical companies is considered. The substances that can be detected in wastewater have been studied. The existing technologies of sewage treatment of pharmaceutical productions are analyzed.

Key words. *Pharmaceutical enterprises, wastewater, discharges, drugs, compounds, biological treatment, membrane, thermal disinfection, Fenton's reagent, cavitation, oxidation.*

Вступ. Останнім часом проблема стічних вод, забруднених лікарськими засобами, стала дуже актуальна у всьому світі. Лікарські препарати є невід'ємною частиною сучасної медицини. Однак нерідко відходи фармацевтичного виробництва скидають в природні водойми, що негативно впливає на навколишнє середовище, в тому числі на людину.

Мета та завдання статті. Проведення аналізу джерел забруднення стічних вод фармацевтичних підприємств та методів їх очищення.

Основний матеріал і результати дослідження. В даний час велика увага приділяється проблемі очищення стічних вод фармацевтичних виробництв, які утворюються на всіх стадіях технології отримання лікарських засобів. Велика розмаїтість компонентів, застосовуваних у різних стадіях технологічного процесу отримання лікарських засобів, періодичність цього процесу призводить до великої нерівномірності надходження стічних вод на очистку, як за складом і витраті стоків, так і за концентраціями забруднюючих речовин.

Залежно від асортименту продукції, що випускається (антибіотики, вітаміни, синтетичні лікарські засоби, фітохімічні препарати і т.д.) рідкі відходи характеризуються високим вмістом зважених речовин, специфічних органічних і неорганічних сполук, а також активних фармацевтичних інгредієнтів, що надають негативний вплив на навколишнє середовище.

У стоках можуть міститися [1]:

- антибіотики;
- протизапальні;
- стероїдні гормони;
- протизапальні засоби;
- серцево-судинні;
- протиепілептичні;
- для зниження ваги і боротьби з ожирінням;
- високотоксичні протипухлинні препарати;
- косметична продукція і парфумерія;
- антидепресанти, психотропні, снодійні;

- контрастні речовини, які використовуються при рентгенодіагностиці;
- протигрибкові засоби.

Органічні розчинники, каталізатори, добавки, субпродукти, вихідна сировина, а також токсичні стійкі до розкладання речовини вимагають попередньої локальної очистки перед скидом в централізовані системи водовідведення або на власні біологічні очисні споруди.

Вибір конкретної технології ланцюжка вимагає розгляду, по-перше, особливостей складу стоку, по-друге, вимог і специфіки роботи конкретного виробничого об'єкту.

На практиці використовують такі технології очищення стічних вод фармацевтичних виробництв:

1. Біологічне очищення із застосуванням мембранного біореактора.
2. Термічне знезараження.
3. Обробка реактивом Фентона.
4. Ефект кавітації.
5. Фотокаталітичне окислення.
6. Плазмохімічне окислення.
7. Спільна дія O_3 і H_2O_2 .
8. Окислення вологим повітрям.

Біологічне очищення. Мембранний біореактор

Частою проблемою підприємств фармацевтики є чергування виробництва препаратів з різним складом, що ускладнює підбір схеми очищення. Особливо це впливає на ефективність біологічної очистки, коли відбувається зміна культур мікроорганізмів: одна культура вже гине, а інша не встигають вирости.

Крім того, надходять в стоки з'єднання, які мають високу стійкість до біорозкладання. Антибіотики, які навіть в малих дозах надходять в стоки, є токсичними для мікрофлори активного мулу, а тетрациклін може адсорбуватися на поверхні завантаження і, тим самим, впливати на роботу всієї технологічної схеми очисних споруд. Внаслідок чого біологічне очищення стоків стає неефективною [2].

Поєднання біологічного очищення з ультрафільтрацією дає найкращий ефект. В даному випадку застосовуються мембранні біореактори, які створюють нездоланну перешкоду не тільки для забруднюючих речовин, але і самого активного мулу.

Принцип роботи полягає при надходженні стічних вод після механічного очищення в аеротенки і проходженні розчину через мембранні модулі. При цьому зважені речовини і колоїдні частинки затримуються на ультрамембранах. Для подальшого очищення мембран проводиться їх промивання зворотним струмом рідини і аерація повітрям [3].

До переваг такого методу очищення стоків фармацевтичних підприємств слід віднести:

- відсутність в технологічній схемі вторинних відстійників і фільтрів, що дозволяє скоротити площі під очисні споруди;
- накопичення великої кількості активного мулу, близько 25 мг/л, що підвищує якість і швидкість очищення;
- мікроскопічний розмір мембран дозволяє очистити воду від мікроорганізмів та інших біологічних домішок;
- повна автоматизація процесу.

Термічне знезараження.

При виробництві вакцин та інших препаратів, які містять в своєму складі біологічні матеріали, найбільш підходящим методом очищення стічних вод слід вважати термічне знезараження або стерилізація стоків.

Суть методу полягає у упорскуванні в струмінь гострого пара розчину і витримка його при заданій температурі 121 ° - 134 ° С протягом 15 - 20 хвилин. У деяких випадках час збільшується до 120 хвилин [4].

Після термічного знезараження очищені води фармацевтики проходять доочистку і

можуть бути скинуті в міську мережу каналізації.

Застосування реактиву Фентона

До складу реактиву Фентона входять пероксид водню і Fe^{2+} .

Суть методу полягає у відновленні заліза (III) до заліза (II) за участю перекису водню. Утворилися окислювальні радикали, які нейтралізують забруднюючі речовини в розчині. Додавання ароматичних з'єднань прискорює процес відновлення заліза (III) і знижує його вміст у реакційному середовищі [4].

Реактив Фентона використовується для [5]:

- видалення біонерозкладних з'єднань після біологічної очистки;
- очищення поверхневих вод від мікро забруднень лікарськими препаратами;
- очищення стоків від антибіотиків, зокрема, від амоксициліну, ампіциліну і

кловасациліну.

Ефект кавітації

Під час кавітації відбувається утворення, зростання і руйнування пухирців в рідині з підвищенням температури. Молекули води руйнуються і утворюють гідроксильні і пергідроксильні радикали, які окислюють домішки в розчинах стічних вод.

За способом виникнення кавітація ділиться на дві групи:

- Акустична. Виникає при проходженні через розчин стічних вод високочастотних звукових сигналів.
- Гідродинамічна. Настає при перепаді тисків в потоці рідини.

Кожен із способів окремо не дає достатній мірі очищення стоків, тоді як при застосуванні обох способів одночасно приводить до найкращого ефекту. Ще більший ефект виникає при використанні додаткового окислювача (озону, перекису водню або їх спільного застосування) разом з кавітацією [6].

Фотокаталітичне окислення

Фотокаталітичне окислення полягає в окисненні забруднюючих речовин при дії УФ-випромінювання за участю каталізатора - діоксиду титану. Застосування даного каталізатора має ряд переваг:

- невисокі матеріальні витрати;
- хороша фізико-хімічна стійкість;
- висока каталітична активність.

Застосування діоксиду титану в якості каталізатора дозволяє очистити стоки від більшості забруднюючих речовин фармацевтичного виробництва.

Спільна дія O_3 і H_2O_2

Використання тільки озону в якості окислювача не дає відчутних результатів при очищенні стічних вод підприємств фармацевтики. Деякі речовини стійкі до впливу озону, а для видалення інших необхідні високі концентрації O_3 .

Додавання в реакційне середовище перекису водню помітно підвищує якість очищення стоків завдяки освіті гідроксильних радикалів, які є сильними окислювачами органічних сполук.

Кількісні показники озону і перекису водню підбираються експериментальним шляхом і залежать від складу стоків і їх концентрації.

Окислення вологим повітрям

Метод окислення вологим повітрям добре зарекомендував себе при концентрації забруднюючих органічних речовин до 20% мас. Процес окислення йде при температурі 200° - 400°C і тиску 3 - 30 МПа, тривалістю від 15 хв до 2 годин [4].

Метод має ряд недоліків, зокрема, освіту летючих органічних кислот, зміна кольоровості стічних вод і збільшення їх токсичності. Тому даний метод застосовують в сукупності з біологічним очищенням.

Висновки. В даній роботі було проаналізовано проблему забруднення стічних вод від

фармацевтичних підприємств. Визначено якими препаратами забруднюють води, а саме: антибіотики, протизапальні, стероїдні гормони, протизаплідні засоби, серцево-судинні, протиепілептичні, для зниження ваги і боротьби з ожирінням, високотоксичні протипухлинні препарати, антидепресанти, психотропні, снодійні і т.д.

Встановлено, які існують методи очистки стічних вод фармацевтичних підприємств.

З дослідних методів очищення води від ліків найбільш перспективними є: хімічні, деякі фізико-хімічні і комбіновані. Обробка води новими методами озонування або УФ-променями практично повністю витіснила хлорування на станціях очистки вод у багатьох країнах. В Україні застосування цих екологічно ефективних технологій обмежено через високу вартість переобладнання і реконструкції водоочисних станцій.

В останні роки з'явилися нові процеси на основі окисних технологій: озонування при УФ-опроміненні, озонування при УФ-опроміненні в присутності пероксиду водню, плазмохімічне окислення процес Фентона, процес кавітації, фотокаталітичні процеси і ін. З фізико-хімічних і комбінованих методів очистки вод від ліків можуть бути рекомендовані наступні:

- електрохімічні (мембранний електродіаліз, електроактивації, електрохімічна очищення при подачі кисню);
- адсорбція на основі активованого вугілля;
- мембранні (нанофільтрація + зворотний осмос та ін.);
- ультразвукова обробка в присутності каталізаторів;

Крім того, для усунення забруднення води фармацевтичними препаратами необхідно переходити на виробництво екологічно безпечних ліків.

Список використаних джерел

1. Очистка вод от остатков лекарственных препаратов/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stp.diit.edu.ua/article/download/134675/148789?inline=1>
2. Перспективи мікробіологічного способу очищення стічних вод від біорезистентної фармацевтичної продукції/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://193.178.34.32/index.php/SBT/article/viewFile/12375/17378>
3. Мембранний біореактор/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.vvikipedla.com/wiki/Membrane_bioreactor
4. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисциплін «Очистка побутових стічних вод» та «Споруди та обладнання водовідведення» (Модуль 2. Очистка стічних вод) (для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спеціальність «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»)/ Т. С. Айрапетян; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 121 с.
5. Застосування реактиву Фентона та його модифікацій для очищення/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pratsi.opu.ua/app/webroot/articles/1312453981.pdf>
6. Кавітація/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://barb.ua/info/kavitacziya>

УДК 673

Троцик Анастасія Сергіївна, студент
Гребенюк Тетяна Володимирівна, канд. техн. наук, доцент
Кафедра геоінженерії
КПІ імені Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИРОБНИЦТВА КАБЕЛЬНО-ПРОВІДНИКОВОЇ ПРОДУКЦІЇ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Анотація. В даній статті було досліджено вплив виробництва кабельно-провідникової продукції на навколишнє природне середовище. В роботі описано технологічні процеси виробництва та визначено, які сполуки викидаються в атмосферне повітря, і яким чином вони впливають на довкілля та здоров'я людей.

Ключові слова. Кабельно-провідникова продукція, виробництво, вплив, навколишнє природне середовище, довкілля, мідь, ізоляція.

Abstract. The impact of cable and wire products on the environment was analyzed in this article. The article describes technological processes of production and determines which compounds are released into the atmosphere and how they affect the environment and human health.

Key words. Cable and wire products, production, impact, environment, copper, insulation.

Вступ. У наші часи електрична енергія є необхідною складовою життя кожної людини. Кожного дня в побуті на постійній основі люди користуються електроенергією і не замислюються про те, що потрібний для приладів струм протікає по кабелю. Тому виготовлення кабельно-провідникової продукції займає важливе місце у повсякденності суспільства.

Нажаль промислове виробництво завжди має негативний вплив на якісний стан довкілля, через що природоохоронна діяльність є невід'ємною складовою частиною промисловості. Без аналізу впливу виробництва на якісний стан навколишнього природного середовища неможливо обрати оптимальні варіанти природоохоронної діяльності.

Мета статті. Проведення аналізу впливу виробництва кабельно-провідникової продукції на навколишнє природне середовище.

Завдання. Для забезпечення якості очищення газів від забруднюючих речовин при виробництві кабельно-провідникової продукції, далі КПП, потрібно виконати аналіз процесів виробництва та здобути теоретичні знання щодо впливу вихідних газів.

Основний матеріал і результати дослідження.

Для аналізу впливу виробництва КПП необхідно ознайомитись з інформацією про сировину та матеріали, з яких виробляється продукція, а також вивчити процес виготовлення КПП.

Найбільш поширеним матеріалом, що використовується у якості провідника є мідь через її високу електричну провідність.

У якості ізоляції для різних типів кабелю використовують різні матеріали, часто такі як: пластики ПВХ, поліетилен, політетрафторетилен (ПТФЕ) та поліаміди. Матеріал обирається зважаючи на технічні характеристики середовища, у якому буде знаходитись кабель. В окремих випадках до пластикового складу додаються домішки, наприклад, кремнійорганічна для структурування кабелю або пестициди, якщо кабель прокладається під землею, для запобігання пошкодження ізоляції термітами [1].

Процес виготовлення кабелю поділяється на декілька етапів:

1. Виробництво мідної катанки.
2. Виготовлення жили дроту.

3. Накладення ізоляції.

4. Намотка готового виробу в бухти.

Виробництво мідної катанки. У якості сировини для виробництва катанки використовують катода з високоякісної міді.

Допоміжними матеріалами при виробництві катанки є: деревне вугілля; графіт; газоподібний азот; газ пропан-бутан.

Спочатку сировина завантажується в індукційні плавильні печі каналного типу при температурі 1175 ° С. В якості захисного покриття розплаву міді від навколишнього повітря і зниження кисню в розплаві, в плавильній печі використовується деревне вугілля.

Розплавлена мідь з печі плавлення автоматично передається партіями по газонепроникному жолобу в роздавальну піч з відкритим верхом шляхом нахилу плавильної печі. Розплав захищається від навколишнього повітря газоподібним азотом у жолобі і покриттям з лускатого графіту у роздавальній печі.

Витягаюча машина з дванадцятьма потоками розташована над роздавальною піччю. Потоки розділені між двома окремими системами витягування з сервоприводом. Охолоджувачі з графітовими філь'єрами прикріплені до рами ливарної машини так, що філь'єри занурюються на задану глибину в розплав.

Витяжка окремих потоків запускається за допомогою вихідної катанки, які тягнуться вгору за допомогою системи виведення. Філь'єри знаходяться на постійній глибині в розплаві за допомогою системи управління розташуванням по висоті, яка автоматично змінює вертикальне положення приладу, що використовується відповідно до рівня розплаву в печі [2].

На даному етапі виробництва в атмосферу викидається більша частина забруднюючих речовин ніж на інших етапах. В таблиці 1 наведено речовини, які викидаються при виробництві мідної катанки [3].

Таблиця 1 – Речовини, які викидаються при виробництві мідної катанки

№	Забруднююча речовина	Потенційний обсяг викидів, т/рік
1.	Оксид азоту	1,15
2.	Оксид вуглецю	7,7
3.	Діоксид вуглецю	1995,0
4.	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (пил)	6,5
5.	Діоксид сірки	0,3
6.	Мідь та її сполуки (у перерахунку на мідь)	0,02

Оксид азоту відносять до третього класу небезпеки. Він володіє наркозним ефектом, і є сильною отрутою, яка впливає на центральну нервову систему, а також викликає ураження крові за рахунок зв'язування з гемоглобіном. Токсичний вплив оксиду азоту при його викидах проявляється в двох шарах атмосфери – страто- і тропосфері. В стратосфері він пов'язаний з існуванням захисного шару Землі. Каталітичне руйнування озонового шару NO_x спричиняє недопустиме зростання біологічно активної радіації і ставить під загрозу існування біосфери. Частина оксиду азоту потрапляє в стратосферу з тропосфери. Оксид азоту зберігається в оточуючій його атмосфері протягом 3-4 днів. Атомарний кисень і озон вступають у з'єднання з вуглеводнями з утворенням вільних радикалів – молекул, з порожніми зв'язками, внаслідок чого володіють високою хімічною активністю. Вільні радикали взаємодіють один з одним і з речовинами, що знаходяться в атмосфері, утворюючи вторинні забруднення – фотохімічний смог [5].

СО – безбарвний газ, що не має запаху, відноситься до четвертого класу небезпеки. Він впливає на нервову і серцево-судинну систему, викликає задуху. Оксид вуглецю міцно зв'язується з гемоглобіном й утворює карбоксигемоглобін, і тим самим зменшує кількість кисню, що переноситься кров'ю. Як наслідок, життєво важливі органи не отримують достатню

кількість кисню. Для немовлят, вагітних жінок чи людей з хворобами дихальних шляхів це критично. Крім того, високий рівень СО може впливати на координацію та концентрацію уваги. Токсичність СО зростає за наявності в повітрі азоту, в цьому випадку концентрацію СО в повітрі необхідно знижувати в 1,5 разу. У разі перевищення норм вмісту у крові 15-6% СО – гемоглобіну виникає стан отруєння. СО має типову «тривалість життя» в атмосфері Землі, що складає кілька місяців. Згодом газ реагує з киснем (O_2), утворюючи вуглекислий газ (CO_2) [4].

Вміст в повітрі вуглекислого газу не нормований. Зростання концентрації вуглекислого газу небезпечно в тому відношенні, що при поглинанні довгохвильового теплового проміння створюється «парниковий ефект», що обумовлює перегрів поверхні землі. Тривалість знаходження вуглекислого газу в повітрі – 4 роки. Вміст в повітрі вуглекислого газу знижує вміст в ньому кисню і тим самим зменшує значення порогових, небезпечних для людини концентрацій токсичних речовин [6].

Запиленість атмосфери впливає на відбивну здатність Землі. Частинки пилу скорочують доступ ультрафіолетової радіації і утворюють ядра конденсації парів води. Все це збільшує відбивну здатність атмосфери і призводить до змінення клімату. Пил, що потрапив на поверхню льодовиків, поглинає енергію і сприяє їх танення [7].

Забруднення атмосфери діоксидом сірки несе за собою утворення кислотних дощів. Вони гублять рослини, закисляють ґрунти, збільшують кислотність озер. Навіть при середньому вмісті оксидів сірки в повітрі близько 100 мкг/м^3 , що нерідко має місце в містах, рослини набувають жовтуватий відтінок. Найбільш чутливі до нього хвойні та листяні ліси. При великому вмісті SO_2 в повітрі відбувається висихання сосни. Відзначено, що захворювання дихальних шляхів, наприклад, бронхіти, частішають при підвищенні рівня оксидів сірки в повітрі. Вплив діоксиду сірки в концентраціях вище ГДК може викликати порушення функцій дихання і суттєве збільшення різних хвороб дихальних шляхів, відзначається дію на слизові оболонки, запалення носоглотки, трахеї, бронхіти, кашель, хрипота і біль в горлі. Особливо висока чутливість до дії діоксиду сірки спостерігається у людей з хронічними порушеннями органів дихання, з астмою.

Забруднення атмосферного повітря міддю негативно впливає на дихальну систему, обмін речовин. Вона є алергеном. При одночасному присутності важких металів можливі три типи прояву токсичних властивостей:

1. Синергізм – ефект дії більше сумарного ефекту (кадмій в поєднанні з цинком і ціанідами).
2. Антагонізм – ефект дії менше сумарного ефекту. Наприклад, при спільній присутності міді і цинку токсичність суміші зменшується на 60-70%.
3. Аддитивний – ефект дії дорівнює сумі ефектів токсичності кожного з важких металів (суміш сульфідів цинку і міді в малих концентраціях).

Пари металевої міді, що утворюються при отриманні різних сплавів, можуть потрапляти в організм з повітрям і викликати отруєння.

Всмоктування сполук міді з шлунка в кров відбувається повільно. Оскільки солі міді, що надійшли в шлунок, викликають блювоту, вони можуть виділятися з шлунка з блювотними масами. Тому в кров зі шлунка надходять тільки незначні кількості міді. При надходженні сполук міді в шлунок можуть порушуватися його функції. Після всмоктування сполук міді в кров вони діють на капіляри, викликають гемоліз, ураження печінки та нирок. При введенні концентрованих розчинів солей міді в очі у вигляді крапель може розвиватися кон'юнктивіт і наступати пошкодження рогівки [8].

Виготовлення жили дроту. Основним методом виробництва мідного дроту є волочіння. В ході цього процесу мідна катанка простягається через отвори, перетин яких менше діаметра мідного дроту. В результаті заготівля стає тоншою, але довшою.

Безпосередньо сама процедура витягування дроту з катанки здійснюється на волоках, отвори яких строго відкалібровані під певний діаметр виробів. Виготовляють їх з твердої

інструментальної сталі. А волокни для дроту особливо маленького діаметра (менше 0,5 мм) робляться з алмазу – матеріалу з неперевершеною міцністю.

Виробництво багатожильних мідних кабелів здійснюється на крутильних машинах, в яких так звана пасьма (набір, що складається з декількох тонких дротів) скручується в стренгу – заготовку, з якої згодом буде виготовлений кабель.

Накладення ізоляції. Для ізоляції провідників і оболонок кабельної продукції передбачається застосування:

- полівінілхлоридного пластикату;
- пластикату зниженої горючості;
- без галогенних, важкогорючих, що мало димлять, з низьким рівнем виділення токсичних газів компаундів.

Сировина для виробництва покриттів надходить у витратних ємкостях і готова до використання.

Стренги подаються на екструзійну лінію – комплекс обладнання, призначеного для накладення на струмопровідні жили кабелів ізоляційних оболонок.

В центральній частині екструзійної лінії – екструдері відбувається плавлення гранул пластикату і видавлювання розм'якшеної пластмаси через кільцевий зазор. Таким чином формується оболонка, яка накладається на жилу.

За екструдером розташовується охолоджуюча ванна, в яку потрапляють жили після нанесення на них ізоляції. Ця ванна, наповнюється водопровідною водою, має значну довжину, завдяки чому ізолювана жила при стандартній швидкості нанесення ізоляції охолоджується.

Перелік речовин, що викидаються в атмосферу на даному етапі виробництва КПП наведено в табл. 2 [3].

Таблиця 2 – Речовини, які викидаються при ізоляції провідників

№	Забруднююча речовина	Потенційний обсяг викидів, т/рік
1.	Сполуки хлору (у перерахунку на хлористий водень)	0,23
2.	Вінілхлорид	0,05
3.	Діоктилфталат	0,065

Хлористий водень – безбарвний газ з різким запахом. В повітрі, взаємодіючи з парами води, утворює білий туман соляної кислоти. Надзвичайно добре розчинний у воді. Хлороводень володіє сильними кислотними властивостями. Реагує з більшістю металів з утворенням солей і виділенням газоподібного водню. Через надзвичайно високу розчинність в воді отруєння відбувається, як правило, не газоподібним хлороводнем, а туманом соляної кислоти. Основна область, яку поражається, – верхні дихальні шляхи, де нейтралізується велика частина кислоти [8].

Вінілхлорид (хлористий – органічна речовина; безбарвний газ зі слабким запахом солодкуватим, що має формулу C_2H_3Cl і представляє собою найпростіший хлорпохідний етилен. Речовина є надзвичайно вогне-і вибухонебезпечною, виділяючи при горінні токсичні речовини. Вінілхлорид має комплексний токсичний вплив на організм людини, викликаючи ураження ЦНС, кісткової системи, системне ураження сполучної тканини, мозку, серця. Вражає печінку, викликаючи ангіосаркому. Викликає імунні зміни і пухлини, має канцерогенну, мутагенну і тератогенну дію. Багато досліджень повідомляють, що вплив вінілхлориду на людину викликає рак в різних тканинах і органах, включаючи печінку (пухлини крім ангіосаркоми), мозок, легені, лімфатичну і гематопоетичну систему (органи і тканини, залучені в кровотворення). При цьому можна відзначити, що вживання етанолу тільки посилює канцерогенний ефект вінілхлориду. навколишньому середовищі вінілхлорид з'являється виключно внаслідок його викидів під час виробництва та переробки. За оцінкою

фахівців, понад 99% викиду вінілхлориду залишається в повітрі, де відбувається його фотохімічна деградація під впливом гідроксил-радикалів, при цьому період його напіврозпаду становить 18 годин (за іншими даними, цей час становить 2,2 - 2,7 днів). З поверхні ґрунту вінілхлорид швидко випаровується, проте може мігрувати в її глиб через ґрунтові води. У рослинах і тварин не накопичується. У ґрунті та воді вінілхлорид піддається аеробній біодеградації (переважно до CO_2) під впливом мікроорганізмів. Дослідження показують, що в ґрунті і воді під дією мікроорганізмів вінілхлорид розкладається на 30% протягом 40 днів і на 99% протягом 108 днів [9].

Діоктилфталат токсична вогне- і вибухонебезпечна речовина, яка негативно впливає на серцево-судинну систему, викликаючи такі захворювання, як атеросклероз та гіперліпідемію. Також діоктилфталат є збудником раку у людей [10].

Після накладення ізоляції готовий виріб відправляється на розбухтовку та упаковку [3].

Висновки. Було проаналізовано процес виготовлення кабельно-провідникової продукції, визначено речовини, що потрапляють у навколишнє природне середовище, та описано їх вплив.

Найбільше забруднюючих речовин викидається під час виробництва мідної катанки, а найбільш токсичні речовини викидаються при ізолюванні провідників. Виділені речовини несуть негативний вплив для довкілля та організми людей, викликають серцево-судинні та онкологічні хвороби, а також дихальної і центральної нервової системи. Через забруднення атмосферного повітря ними змінюється клімат, руйнується озоновий шар, через що збільшується біологічно активна радіація, йдуть кислотні дощі, закисляються ґрунти, що несе згубні наслідки як рослинному так і тваринному світу.

Список використаних джерел.

1. Производство электрических кабелей/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eia.menr.gov.ua/>
2. Производство медной катанки и проволоки: технология и особенности/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stalevarim.ru/>
3. Реконструкція ділянки по виробництву катанки, дроту, жили та кабельно-провідникової продукції ТОВ «Запорізький завод кольорових металів»/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://base.safework.ru/>
4. Що варто знати про забруднення повітря/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://suprun.doctor/>
5. Влияние оксидов азота на окружающую среду/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/>
6. Вплив на екологію/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lib.chmnu.edu.ua/>
7. Джерела забруднення атмосфери/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sites.google.com/>
8. Загрязняющие вещества и их влияние на здоровье человека/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eco.psu.kz/>
9. Вінілхлорид/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://znaimo.com.ua/>
10. Bis(2-ethylhexyl) phthalate/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/>

УДК 504

Бондарчук Юрій Вікторович, студент
Дичко Аліна Олегівна, доктор технічних наук, професор
Кафедра геоінженерії
КПІ імені Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ ВПЛИВУ АТ "ПОДІЛЬСЬКИЙ ЦЕМЕНТ" НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У МІСТІ КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКИЙ

У даному дослідженні розглянуто проблему забруднення повітря цементним заводом у Кам'янці-Подільському, проаналізовано загальний стан атмосфери у місті, як утворюються шкідливі речовини та їх склад, вплив підприємства на навколишнє середовище. Запропоновано шляхи покращення якості повітря.

Ключові слова: *індекс якості повітря, викиди забруднюючих речовин, цементний завод, екологія міста, очисні установки.*

This study considers the problem of air pollution by the cement plant in Kamianets-Podilskyi, analyzes the general state of the atmosphere in the city, how harmful substances are formed and their composition, the impact of the enterprise on the environment. Ways to improve air quality are suggested.

Key words: *air quality index, pollutant emissions, cement plant, city ecology, treatment plants.*

Вступ. Один з головних викликів, що постає перед Кам'янцем-Подільським, є інтенсивне забруднення повітря внаслідок діяльності цементного заводу. Промисловість будівельних матеріалів є однією з основних забруднювачів довкілля не тільки в досліджуваному місті, а й у всьому світі. Розрахунки вчених-екологів показують, що це 8,2 % усіх викидів в атмосферу. Таким чином необхідно комплексно підходити до вирішення проблеми забруднення повітря у Кам'янці-Подільському, та враховувати усі чинники, що можуть впливати на навколишнє середовище та здоров'я людей.

Мета статті полягає дослідженні складу та якості повітря внаслідок діяльності підприємства АТ "Подільський цемент", аналізу впливу на навколишнє середовище та пропозиції щодо його покращення.

Матеріали та результати досліджень. Акціонерне товариство «Подільський цемент» – завод з виробництва цементу, що розміщується на відстані 7 км на північ від центру міста Кам'янець – Подільський у селі Гуменці та у межах національного природного парку «Подільські Товтри». Згідно з Національною доповіддю про стан навколишнього природного середовища Хмельницької області досліджуване підприємство відноситься до об'єкта підвищеної екологічної небезпеки та є найбільшим забруднювачем в області (54 % від загальної кількості викидів), викиди якого у 2016 році склали 7,391 тис. тон і збільшились відносно 2015 року на 0,331 тис. тон, в зв'язку із збільшенням обсягів виробництва [1].

Оцінити стан атмосфери у Кам'янці-Подільському можна за допомогою сервісу SaveEcoBot [2], де показано середнє арифметичне значення індексу якості атмосферного повітря – AQI, що охоплює п'ять основних забруднювачів – озон, забруднення крупнодисперсними частинками (пилом), окис вуглецю, діоксид азоту та діоксид сірки. Саме діяльність цементного заводу і впливає на кількісний склад та вміст цих шкідливих речовин у повітрі, тому показник AQI покаже реальну ситуацію в місті.

У місті Кам'янець-Подільський працює 4 стаціонарних станцій моніторингу стану атмосферного повітря, ще 3 планується ввести в експлуатацію. Інтегральна оцінка AQI з усіх

станцій показана на рис. 1.

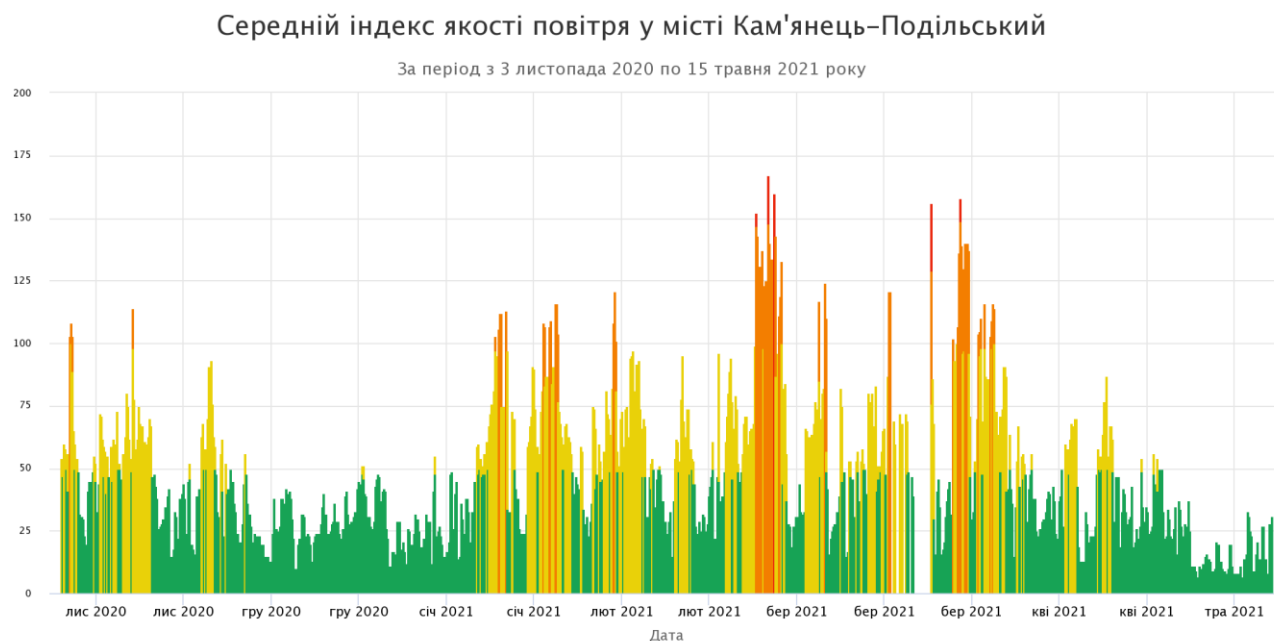


Рисунок 1 – Середній індекс якості повітря у місті Кам'янець – Подільський за період з 16 листопада 2020 року по 15 травня 2021 року [3].

Проаналізувавши графік, можна отримати дані про екологічну ситуацію з 16 листопада 2020 року по 15 травня 2021 року: бачимо що є певна циклічність показника індексу якості повітря, яка пов'язана з погодними умовами та діяльністю підприємства (якщо звірити пікові та мінімальні показники з календарем, то можна побачити що найбрудніше повітря спостерігається в середині тижня, коли підприємство працює на повну потужність, та зовсім мізерні значення у вихідні та святкові дні). Також якщо дослідити метеорологічні дані, які можна отримати в щоденнику погоди сайту Gismeteo, за період спостереження, то коли були північні, північно – східні та північно – західні вітри, показник значно підвищувався, і навпаки – південні вітри знижували забрудненість повітря у місті (наприклад звіривши метеодані в кінці лютого: був абсолютний максимум AQI та більше тижня переважали вітри з північного напрямку; і початку травня коли вітри були південні, відповідно показник показував мінімальне значення)

На АТ «Подільський цемент» використовується технологія виробництва цементу мокрим способом. Головна причина використання цього методу отримання цементу полягає в тому, що вартість будівництва, обслуговування заводу та обладнання дешевша, а якість продукції вища в порівнянні з використанням сухого способу, що характеризується нижчими експлуатаційними витратами. Недоліком мокрого способу є те, що потрібно більше затрат на енергоносії та паливо. У 2012 році АТ «Подільський цемент» змінило вид палива з природного газу на вугілля.

Досліджуване підприємство отримує основний вид продукції – Портладецемент нагріванням та випалюванням вапняку у клінкерних обертових печах (технологічна схема виробництва цементу мокрим способом на АТ «Подільський цемент» показана на рис. 2) і додаванням домішок -огарками, переважно це суглинки. Основними забруднювачами повітря внаслідок діяльності підприємства є цементний пил, діоксид вуглецю, азот, озон, діоксид сірки, сполуки CO і NO_x. Для покращення в'язучих якостей цементу отриману суміш заготовують охолодженням, що потребує додаткових енергозатрат та використання води.

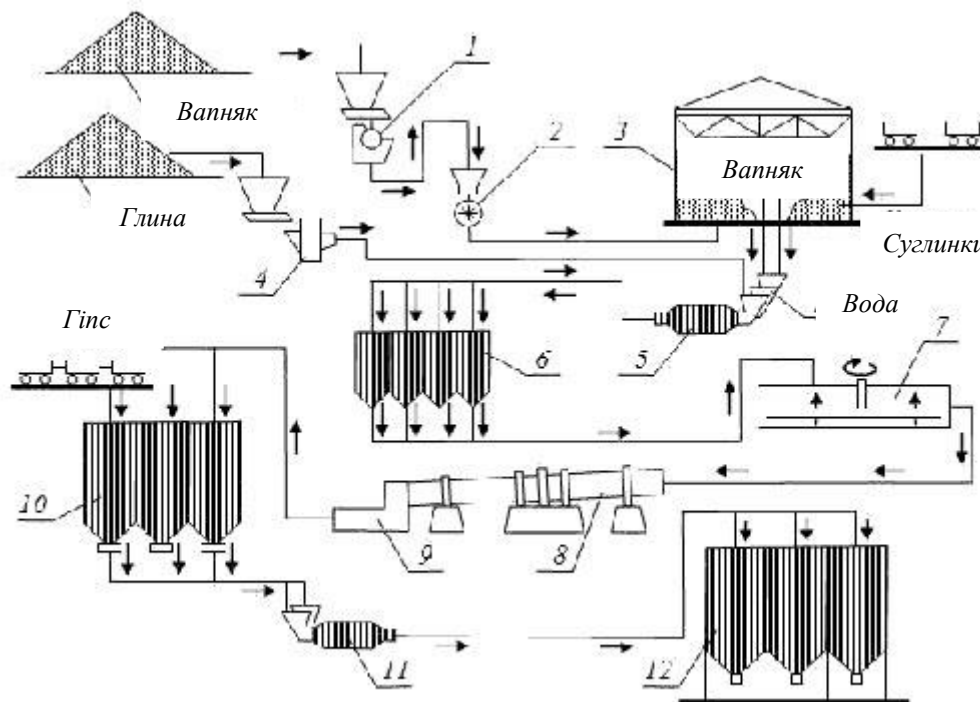


Рисунок 2 - Технологічна схема виробництва цементу мокрим способом на АТ «Подільський цемент» (1 - дробилка; 2 - молоткова дробилка; 3 - склад сировини; 4 - млин типу «Гідрофол»; 5 - млин мокрого помелу; 6 - вертикальний шламбасейн; 7 - горизонтальний шламбасейн; 8 – обертова піч; 9 - холодильник; 10 - клінкерний склад; 11 - млин; 12 - силос цементу) [4].

Для покращення стану довкілля та екологізації виробництва я пропоную заходи для зменшення кількості пилу та діоксиду вуглецю – використання досвіду цементних заводів Канади, де широко розповсюдженою технологією очистки від пилу є електростатичні осаджувачі, засновані на принципі електростатичних сил, що відокремлюють пил від газу. Вони працюють в системі очистки після того як забруднене повітря пройде тканинні фільтри та циклони, встановлені на ПАТ «Подільський цемент», відповідно відбувається грубо дисперсна очистка. Принцип осаджувача полягає в тому, що розряд подається на електроди при високих напругах (50 - 100 кВ), які, в свою чергу, випромінюють електрони, що осідають на частинках пилу. Рух негативно заряджених частинок, тобто пилу, спрямований в бік і потік забрудненого повітря розділяється на збірних електродах через електростатичні взаємодії між розрядженими частинками та електродами. Потім частинки пилу, що накопичувались на електродах відводять до пилозбірників та проводять очистку, змінюючи потенціал електрода на протилежний.

Ефективність електростатичних осаджувачів може бути знижена під час зміни параметрів процесу (наприклад, під час запуску або вимкнення печі, під час зростання виділення CO). Електростатичні осаджувачі прості в обслуговуванні. Основною перевагою електростатичних осаджувачів є низькі втрати тиску над фільтром і, отже, зменшене енергоспоживання вентилятора фільтра.

- знепилювати ділянки де проходить дроблення, навантаження та розвантаження вапняку за допомогою зрошення ділянки роботи, встановленням мобільної машину для запобігання поширення пилу, на зразок DB-60;

- щоб вберегти Кам'янець-Подільський від пилу та газів в подальшій перспективі висадити лісові масиви по периметру санітарно-захисної зони підприємства (бажано хвойні, тому що ці ліси будуть затримувати пил навіть узимку та здатні уловити більший об'єм

забрудненого повітря), відповідно буде зменшено розповсюдження пилу завдяки уловленню пилу на деревах, та затримкою вітрів.

Висновок. Під час цього дослідження було розглянуто проблему забруднення повітря цементним заводом у Кам'янці-Подільському, проаналізовано загальний стан атмосфери у місті, технологію виробництва цементу, що використовується підприємством, як утворюються шкідливі речовини та їх склад, що дозволить оцінити вплив підприємства на навколишнє середовище та міське населення. Запропоновано шляхи покращення якості повітря: використання сучасних методів очистки конкретних забруднювачів, використання сучасного фільтраційного обладнання та заміна застарілого обладнання на більш нове.

Список використаних джерел:

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища Хмельницької області [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/files/docs/Reg.report/%D0%9D%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%20%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%8C%20%D0%A5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0%202016%20%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf>.
2. Рівень забруднення атмосферного повітря у місті Кам'янець-Подільський [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.saveecobot.com/maps/kamianets-podilskyi>.
3. Середній індекс якості повітря у місті Кам'янець – Подільський за період з 16 листопада 2020 року по 15 травня 2021 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.saveecobot.com/maps/kamianets-podilskyi#days-365>.
4. Технологія виробництву цементу – мокрий спосіб [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://asia-business.ru/torg/technology/cement/cement_2340.html.

СЕКЦІЯ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ, ПРОМИСЛОВА ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

УДК 331.45

Ільчук О.С., к.т.н, ст.викладач
кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки
Циганков Р.С.,
кафедра теоретичної електротехніки

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ

Проаналізовано витрати підприємств, що зумовлені виробничим травматизмом та професійними захворюваннями у світі та в Україні. Встановлено, що нещасні випадки і пов'язані з роботою захворювання обходяться світовій економіці приблизно в 4 відсотки річного ВВП. Наведено статистичну інформацію енергетичної галузі стосовно витрат на охорону праці. Показано, що кожного року збитки підприємств енергетичної галузі, які зумовлені нещасними випадками, становлять більше 1,5 млн. грн. Основними витратами є: нарахована вартість зіпсованого устаткування, інструменту, зруйнованих будівель, споруд; на оплату перших п'яти днів тимчасової непрацездатності; сума штрафів, сплачена посадовими особами підприємства за порушення вимог законодавства про охорону праці, пов'язаних з нещасним випадком, у тому числі за його приховування; інші виплати потерпілим, членам сімей та утриманням померлих, здійснених за рахунок коштів підприємства. Обґрунтовано впровадження заходів з охорони праці для енергетичної галузі.

Ключові слова: охорона праці; виробничий травматизм; професійні захворювання; витрати; енергетична галузь.

ECONOMIC JUSTIFICATION FOR THE IMPLEMENTATION OF LABOR PROTECTION MEASURES FOR THE ENERGY INDUSTRY

The article analyzes the costs of enterprises caused by industrial injuries and occupational diseases in the world and in Ukraine. It has been found that accidents and work-related illnesses cost the global economy about 4 percent of annual GDP. Statistical information of the energy industry on labor protection costs is provided. It is shown that every year the losses of energy industry enterprises caused by accidents amount to more than 1.5 million UAH. The main expenses are: the accrued cost of damaged equipment, tools, destroyed buildings, structures; to pay for the first five days of temporary disability, according to the disability certificate; the amount of fines paid by officials of the enterprise for violation of the requirements of the labor protection legislation related to an accident, including its concealment; other payments to victims, family members and dependents of the deceased, made at the expense of the enterprise. The implementation of labor protection measures for the energy industry is justified.

Keywords: labor protection; occupational injuries; occupational diseases; expenses; energy industry.

Вступ. Згідно статистичних даних Міжнародної організації праці (МОП) щороку більше 250 мільйонів працівників отримують травми або професійні захворювання, з них 2 мільйони – зі смертельними наслідками. Світовій економіці це обходяться приблизно в 1,25 трильйона доларів США в річному обсязі глобального валового внутрішнього продукту (ВВП). Ця оцінка заснована на розрахунку, згідно з яким нещасні випадки і пов'язані з роботою захворювання обходяться приблизно в 4 відсотки річного ВВП. У всьому світі майже 160 мільйонів людей мають професійні захворювання. А число нещасних випадків на виробництві зі смертельними наслідками оцінюється в 270 мільйонів доларів на рік [1].

У країнах Європейського Союзу щорічно через нещасні випадки на виробництві

втрачається 150 мільйонів робочих днів, а витрати на страхування, які несе промисловість, складають до 20 мільярдів [2]. Американські компанії витрачають 170,9 мільярда доларів США на рік на витрати, пов'язані з виробничими травмами та професійними хворобами, в Австралії – 61 мільярд Австралійських доларів, або 4,8 % ВВП [1].

Стосовно України витрати підприємств (установ, організацій), зумовлені нещасними випадками щороку становлять більше 556 мільйонів гривень [3], з них: 80,5 % від всіх витрат – вартість зіпсованого у зв'язку з нещасним випадком (гострим професійним захворюванням) устаткування, інструменту, зруйнованих будівель, споруд; 16,6 % – сума відшкодування витрат згідно з листком непрацездатності; 2,3 % – інші витрати; 0,4 % – сума витрат на поховання потерпілого; 0,15 % – сума відшкодування втрат потерпілому у разі його переведення на легшу роботу; 0,5 % – сума штрафів, що сплачена посадовими особами підприємства за порушення вимог законодавства про охорону праці, пов'язаних з нещасним випадком (гострим професійним захворюванням (отруєнням)/аварією), у тому числі за його приховування.

Ці витрати можна зменшити, якщо працівники, роботодавці та уряд будуть дотримуватися міжнародних стандартів безпеки.

Мета та завдання. Метою роботи є аналіз витрат, що зумовлені нещасними випадками, професійними захворюваннями та обґрунтування впровадження заходів з охорони праці для енергетичної галузі.

Матеріал і результати досліджень. На початку двадцятого століття Герберт Генріх зробив оцінку економічного тягара виробничого травматизму з використанням моделей, заснованих на страхуванні (які ґрунтувалися на вартості заробітної плати за прогули) [4]. Він описав не пов'язані із заробітною платою витрати економічного тягара невиходів на роботу як "приховану частину айсберга". Ця рання робота породила поняття прямих і непрямих витрат, що сплачують роботодавці.

Згодом науковці почали деталізувати, оцінювати та підсумовувати приховану частину економічного тягара виробничого травматизму та захворювань, такі як витрати на медичні послуги, на додаткові дні до відпустки за роботу в шкідливих умовах, на відшкодування потерпілим, членам родин та утриманців померлих тощо.

Наслідки поганого здоров'я та безпеки для прибутку компанії мають більш високий рівень невиходів на роботу та більшу кількість простоїв, що призводить до втрати продуктивності, низького морального духу працівників, втрати кваліфікованих і досвідчених співробітників, а також втрати інвестицій компанії в їх навчання. Крім того, компанії несуть пов'язані з цим судові витрати, виплату бонусів за безпеку, більш високі страхові внески, матеріальний збиток обладнанню, приміщенню через нещасний випадок, штрафи, суперечки з профспілками, державними органами та/або місцевими жителями, втрату іміджу, а в гучних випадках повну або часткову втрату ліцензії на діяльність.

Згідно зі звітів Державної служби статистики України [3] щороку збитки підприємств енергетичної галузі, які зумовлені нещасними випадками, становлять більше 1,5 млн. грн. З них: 66,9 % від всіх витрат – нарахована вартість зіпсованого устаткування, інструменту, зруйнованих будівель, споруд; 14,4 % – на оплату перших п'яти днів тимчасової непрацездатності, згідно з листком непрацездатності; 18,6 % – на інші виплати потерпілим, членам сімей та утриманням померлих, здійснених за рахунок коштів підприємства; 0,1 % – сума штрафів, сплачена посадовими особами підприємства за порушення вимог законодавства про охорону праці, пов'язаних з нещасним випадком, у тому числі за його приховування.

Згідно зі звітів Міністерства енергетики України [5] за 2020 рік ДП «Регіональні електричні мережі» на заходи з охорони праці використали 2 226,20 тис. грн, з них: 1 265,12 тис. грн – на придбання засобів індивідуального захисту; 239,76 тис. грн – на придбання засобів колективного захисту; 204,42 тис. грн – на проведення медичного обстеження та

забезпечення; 41,71 тис. грн – на організаційні заходи; 30,62 тис. грн – на навчання з охорони праці; 26,73 тис. грн – на проведення профілактичної роботи; 417,84 тис. грн – на інші заходи.

Затрати на фінансування заходів з охорони праці у ПрАТ «УКРГІДРОЕНЕРГО» становили 15 535 тис. грн, з них витрачено на придбання засобів індивідуального захисту – 6 361 тис. грн, придбання засобів колективного захисту – 1 051 тис. грн, проведення навчання з охорони праці – 366 тис. грн, проведення медичного обстеження та забезпечення – 1 688 тис. грн, проведення атестації робочих місць – 157 тис. грн.

У Національній енергетичній компанії «Укренерго» затрати грошових коштів на виконання заходів з охорони праці склали 14 188,7 тис. грн. На придбання спецодягу та спецвзуття витрачено 9 812 тис. грн.; на засоби захисту – 3 730 тис. грн.

Аналіз статистичних досліджень виробничого травматизму в енергетичній галузі підтверджує, що впровадження заходів з охорони праці є ефективними, але для зменшення ризику виробничого травматизму та професійних захворювань необхідно спрямувати кошти на більш ефективні заходи, враховуючи сучасні дослідження та досвід еталонних підприємств.

Висновки. За останні роки збільшується інтерес до кращого розуміння масштабів виробничого травматизму і захворювань та їх економічного тягаря для суспільства. Великим бар'єром статистичних досліджень є приховання фактів виробничого травматизму та професійної захворюваності, що спотворює вихідну інформацію. Багато роботодавців йдуть свідомо на це, порушуючи закон, щоб запобігти адміністративної і кримінальної відповідальності.

Основними позитивними результатами від впровадження заходів з охорони праці є: запобігання економічного збитку від виробничого травматизму, нещасних випадків, професійних захворювань; збільшення міжремонтного періоду обладнання в результаті більш безпечної його експлуатації.

Список використаних джерел

1. Tompa, E., Mofidi, A., van den Heuvel, S. et al. Economic burden of work injuries and diseases: a framework and application in five European Union countries. *BMC Public Health*. 2021. DOI: [10.1186/s12889-020-10050-72](https://doi.org/10.1186/s12889-020-10050-72).
2. Costs to Great Britain of workplace injuries and new cases of work-related Ill Health. URL: <https://www.hse.gov.uk/statistics/cost.htm>
3. Профілактика виробничого травматизму. *Звіти фонду соціального страхування України*. URL: <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/index>.
4. Heinrich HW, Petersen D, Roos N. Industrial Accident Prevention: A Safety Management Approach. New York: McGraw-Hill, 1980.
5. [Виробничий травматизм](#). Міністерство енергетики України. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=202151

Гусєв А. М., доц. (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського)
Морозова В. О., студ. (гр. БМ-81, ФБТ КПІ ім. Ігоря Сікорського)

МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ, СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ І СТЕРИЛІЗАЦІЇ НА МКС Є ОСНОВОЮ СКЛАДОВОЮ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ КОСМОНАВТІВ

Анотація: У даній роботі розглядається низка питань щодо співжиття людей і мікробів в екстремальних умовах Міжнародної Космічної Станції (МКС). Зокрема, вплив комплексу космічних факторів (мікрогравітація, іонізуюче випромінювання, довготривале перебування групи людей у замкненому приміщенні) на стан імунної системи астронавтів і селекцію мікробних популяцій. Також, проведено огляд наявних на МКС систем очистки повітря і води, стерилізації поверхонь, обладнання.

Ключові слова: МКС, стерилізація, мікробіологія, очистка повітря, очистка води, замкнені приміщення, мікробіологічний контроль, імунологія.

Abstract: This paper addresses a number of issues related to the coexistence of humans and microbes in the extreme conditions of the International Space Station (ISS). In particular, the influence of a complex of cosmic factors (microgravity, ionizing radiation, long-term stay of a group of people indoors) on the state of the immune system of astronauts and the selection of microbial populations. Also, researching of the air and water purification systems, surface sterilization, and equipment available on the ISS was conducted.

Keywords: ISS, sterilization, microbiology, air purification, water purification, enclosed spaces, microbiological control, immunology.

Вступ: Останнім часом, актуальності набула ідея довготривалих космічних подорожей. В зв'язку з цим проводяться активні дослідження мікробних популяцій в умовах МКС. Потреба контролювати ріст мікробних популяцій, процеси набуття ними нових ознак, напряду пов'язана із підтриманням нормального стану здоров'я астронавтів, в основному – їх імунної системи, адже ще не визначено, чи зможе вона повноцінно адаптуватися до космічного польоту, тобто досягти нового номінального стану. Такі дослідження сприяють ширшому розумінню проблеми і нагальної необхідності створення більш точних систем контролю вологості, методів стерилізації і очистки повітря, поверхонь, обладнання.

Аналіз стану питання: У 2006 році було проведено дослідження динаміки реагування імунної системи астронавтів на космічний політ. Зважаючи на обмежену кількість даних *in vivo*, існують певні складнощі із отриманням статистично значимих результатів. Проте виявлено деякі загальні закономірності, серед них: зниження концентрації Т-лімфоцитів і НК-клітин, послаблення клітинного імунітету, зміна концентрації цитокінів, постійний рівень імуноглобулінів. Доволі очікувано, пізнішими дослідженнями виявлено підвищення сприйнятливості організмів астронавтів до інфекції [1].

До стрес-факторів космічного польоту, що можуть мати вплив на імунну систему астронавтів, відносять наступні: іонізуюче випромінювання, мікрогравітація, інтенсивне тренування перед запуском, і як наслідок – виснаження, зміна барометричного тиску, обмеження у особистій гігієні, незбалансоване харчування, порушення сну і зміни циркадного ритму, пускові перегрузки, недостатнє фізичне навантаження, психологічні проблеми через замкнене середовище, хвороба космічного руху (Space Motion Sickness – SMS), а також – мікробне забруднення, недосконалість систем рециркуляції повітря і води, мінливість мікробних популяцій, як наслідок – набуття мікробами вірулентності, їх міжособистісне конкурування, складнощі із підтриманням їх постійної кількості та ін. Цікаво, що подібні результати щодо зниження працездатності імунної системи в умовах космічного польоту, були отримані також для тварин і культур імунних клітин, *in vivo* та *in vitro* [1,2].

Крім того, у 2007 році проведено масштабне порівняння фенотипових і молекулярно-генетичних характеристик бактерії *Salmonella typhimurium*, вирощеної на борту космічного шатлу Atlantis Mission STS-115, із контрольним ідентичним штамом, вирощеним на Землі. Так, глобальний мікроматричний (технологія ДНК-мікрочіпів) і протеомний аналізи показали зміни експресії 167 транскриптів і 73 білків у бактерії з шатлу. Як наслідок, штам *S. typhimurium* у космічних умовах продемонстрував підвищену здатність до зараження на мишах, а також схильність до утворення стійких бактеріальних конгломератів – біоплівки. Дещо раніше, *S. typhimurium* вирощувалась в наземній моделі з мікрогравітацією (наближено до космічних умов), де, окрім підвищення вірулентності, було відзначено підвищення стійкості штаму до кислотних, теплових і осмотичних стресів, підвищення рівня виживання під час культивування з імунними клітинами – макрофагами. Згодом, було також досліджено підвищення вірулентності у бактерій *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis* [3,4].

Вирішення проблеми швидшої адаптації мікробів до умов космосу: завдяки наземній моделі культивування *S. typhimurium* в умовах мікрогравітації, показано, що зміна експресії викликана глобальним-регулятором – консервативним РНК-зв'язуючим білком Hfq. Фактично, білок Hfq і пов'язані протеїни є перспективними мішенями для препаратів, здатних запобігти підвищенню вірулентності *S. typhimurium*, як на Землі, так і у космосі [3].

Так як погіршення стану імунної системи астронавтів зумовлено комплексом стрес-факторів, звичайно, існує необхідність діяти на кожен з них. У даній роботі особливу увагу приділено системам мікробіологічного контролю поверхонь і приладів, стерилізації, очистки води і повітря. Адже, в зв'язку з тим, що молекулярно-генетичні дослідження мікробних популяцій і досліди з вироблення шляхів інгібування їх адаптивності поки що є занадто дорогими і довготривалими (хоча розробки в даному напрямі неодмінно повинні вестись), наразі створення методів, норм, систем і приладів для контролювання стану мікробних популяцій є більш простим і ефективним варіантом поліпшення здоров'я астронавтів [3].

Мета: Проаналізувати вплив існуючих систем очистки повітря, води, стерилізації обладнання та поверхонь на МКС. Визначити значення постійного мікробіологічного контролю приміщень.

Методики, матеріали і результати досліджень: Отже, розглянемо основні сфери життя на МКС, де мікробіологічний контроль є незамінним, існуючі методи стерилізації і очистки.

1. Мікробіологічний контроль поверхонь на МКС. У 2019 році разом із стандартним мікробіологічним контролем поверхонь методом культивування було проведено молекулярно-генетичне дослідження мікробних популяцій. Досліджувались поверхні у 8-ми приміщеннях МКС протягом 14 місяців. Виявлено, що якісний склад бактеріальних популяцій відносно сталий, проте кількості окремих видів змінюються з часом. Найбільш поширеними типами бактерій були *Actinobacteria*, *Firmicutes* і *Proteobacteria*. Найбільш поширені родини: *Enterobacteriaceae*, *Methylobacteriaceae*, *Staphylococcaceae* та ін. Поширені роди: *Haemophilus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Staphylococcus*, *Lactococcus*, *Neisseria* та ін. Щодо грибів, то переважали популяції *Rhodotorula mucilaginosa*, що належить до сімейства *Sporidiobolaceae* (41% з 81 дослідженого ізоляту грибів) і *Penicillium chrysogenum* (15% з 81 ізоляту грибів). Більшість мікробів пов'язано із мікробіомом людини, деякі з них вважаються умовно-патогенними. Цікаво, що було знайдено бактерії і гриби, що утворюють стійкі біоплівки: серед бактерій – *Acinetobacter*, *Sphingomonas*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Corynebacterium*, *Klebsiella*; серед грибів біоплівки утворюють наступні роди – *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cryptococcus* і *Rhodotorula*. Відомо, що утворення біоплівки сприяє збільшенню стійкості до антибіотиків і навколишніх умов в цілому. Крім того, мікроби у біоплівках здатні викликати корозію (*Sphingomonas*, *Bacillus*, *Penicillium*), особливо алюмінієво-магнієвих сплавів, пошкоджувати полімерні матеріали, як наслідок, знижувати якість інфраструктури МКС. Очевидно, що дослідження складу мікробних популяцій, їх мінливості, здатності до утворення біоплівки важливе у випадку довгострокових польотів [4-

6].

2. Очистка і рециркуляція повітря і води на МКС. Контроль забруднення повітря проводиться AQM (Air Quality Monitor). Очистка повітря на МКС здійснюється завдяки 21 HEPA-фільтрам (HEPA – High Efficiency Particulate Air), що здатні відфільтровувати частинки розмірами до 0,3 мкм (це розміри пилу, вірусів) з ефективністю 99,97%, а також більші частинки (бактерії). HEPA-фільтри розміщені у кожному модулі МКС. Проте система HEPA не відфільтровує силосани, що розчиняються у конденсаті, краплях води, і можуть потрапляти до системи очистки води. Тож, з метою вилучення силосанів з повітря було проведено експеримент – в 1 модулі на 2,5 роки замість HEPA встановлено 4 вугільних фільтри. Рівень силосанів у повітрі згідно AQM дійсно зменшився, проте концентрація мікробів зросла і екіпаж став жалітись на грибкові хвороби. Виходом з положення була розробка комбінованих HEPA-фільтрів із вугільною складовою, що складаються з частин, які можна замінювати незалежно (це дозволяє суттєво знизити масу приладів на МКС) – такі фільтри доставлені на МКС у 2019 році, їх ефективність досліджується. Для видалення з повітря води та вологи використовуються сорбенти (зокрема, на основі силікагелю). Проте, силікагель вже через рік втрачає до 75% здатності поглинати воду (це пов'язано з наявністю низки специфічних забруднень у замкненому приміщенні МКС – випарів пластмас, засобів особистої гігієни та ін.), тому не є ідеальним рішенням. Підвищений рівень вологи крім іншого сприяє утворенню біоплівки і розмноженню мікробів. Тож, для довготривалих космічних подорожей, необхідні більш ефективні матеріали для сорбентів [7-8].

Щодо системи рециркуляції і очистки води, створено ECLSS (складається з двох частин Water Recovery System (WRS) та Oxygen Generation System (OGS)). До системи рециркуляції потрапляє вода з паливних елементів, стічні води після миття рук, сеча, конденсована волога з повітря. Очистка стічних вод здійснюється в три етапи. Тож, вода проходить через: 1. Фільтр, що видаляє високодисперсні частинки. 2. «Мультифільтраційні шари» – видалення тонкодисперсних органічних і неорганічних домішок. 3. «Реактор каталітичного окиснення» – видаляє леткі органічні сполуки, вбиває бактерії і віруси [9].

3. Стерилізація медичного обладнання. Для відповідності медичного обладнання (скальпелі, щипці, серветки) санітарним нормам, наразі прийнято використовувати одноразове обладнання. Проте, враховуючи перспективу дальніх космічних подорожей і неможливість взяти значну кількість предметів через обмеження бортового навантаження (маси, об'єму), останнім часом ведуться розробки ефективних систем стерилізації невеликого багаторазового медичного обладнання. Так, одним з альтернативних проєктів НАСА, є система стерилізації холодною плазмою [10].

4. Система мікрогравітації МКС (The Microgravity Science Glovebox – MSG) – це система типу «верстак», що використовується для проведення науково-технічних досліджень, зокрема і мікробіологічного характеру. Всередині коробки – негативний тиск. Щодо очистки і циркуляції повітря, система оснащена фільтрами: три блоки фільтрів розміщені послідовно, кожний включає по 8 паралельно включених вискоефективних HEPA-фільтрів. Дезінфекція системи проводиться за допомогою УФ-лампи, також наявні змінні перчатки. Крім того, робота з системою мікрогравітації доволі незручна і регулюється низкою правил і норм безпеки. Ця система з'явилась на МКС улітку 2002 і саме вона відкрила шлях для безпечних мікробіологічних досліджень зокрема [11].

Висновки: Проведено огляд питань співжиття людей і мікроорганізмів на МКС. У підсумку, відзначимо:

1. Рядом досліджень показано погіршення роботи імунної системи астронавтів, як наслідок – послаблення супротиву організму інфекціям, через комплекс космічних чинників.

2. На МКС присутні різноманітні популяції бактерій та грибків, як непатогенних, так і умовно патогенних. Вони розвиваються, адаптуються до екстремальних умов, можуть набути нових властивостей.

3. Повномасштабні молекулярно-генетичні дослідження мікробів МКС хоч і мають поступово проводитись, поки не є економічно доцільними. Але такі дослідження є цікавими з наукової точки зору, також вони прискорюють винайдення нових антимікробних препаратів.

4. Найбільш оптимальним шляхом контролювання рівня мікробної контамінації є використання систем очистки повітря і води (як від мікробів, так і інших забруднень), проведення регулярної стерилізації обладнання і поверхонь. У напрямку винайдення більш ефективних систем очистки, сорбентів ведуться активні перспективні дослідження.

Література:

1. Aponte, V. M., Finch, D. S., Klaus, D. M. Considerations for non-invasive in-flight monitoring of astronaut immune status with potential use of MEMS and NEMS devices /Aponte, V. M./ Life Sciences, 79(14) – 2006 – p. 1317–1333.

2. Sonnenfeld, G., Shearer, W. T. Immune function during space flight /Sonnenfeld, G./ Nutrition, 18(10) – 2002 – p. 899–903.

3. J. W. Wilson, C. M. Ott, K. Höner zu BentrupSpace flight alters bacterial gene expression and virulence and reveals a role for global regulator Hfq /J. W. Wilson, C. M. Ott/ PNAS 104 (41) – 2007 – p. 16299-16304

4. Maximilian Mora, Lisa Wink, Ines Kögler Space Station conditions are selective but do not alter microbial characteristics relevant to human health /Maximilian Mora, Lisa Wink/ Nature Communications vol.10 (3990) – 2019

5. Aleksandra Checinska Sielaff, Camilla Urbaniak, Ganesh Babu Malli Mohan Characterization of the total and viable bacterial and fungal communities associated with the International Space Station surfaces /Camilla Urbaniak/ Microbiome vol.7 (50) – 2019

6. T. A. Alekhova, A. A. Aleksandrova, T. Yu. Novozhilova Monitoring of Microbial Degraders in Manned Space Stations /T. A. Alekhova/ Applied Biochemistry and Microbiology vol.41 – 2005 – p. 382–389

7. Kevin M. Braman, Susan M. Snyder Design and Implementation of Combination Charcoal and HEPA Filters for the International Space Station Cabin Air Ventilation System /Kevin M. Braman/ 49th International Conference on Environmental Systems, Boston, Massachusetts ICES – 2019 – 374

8. [Електронний ресурс] Доступ за посиланням: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/long_duration_sorbent_testbed

9. [Електронний ресурс] Доступ за посиланням:

https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/benefits/water_filtration/

10. Z. Duda, J. Gaffney, C. Graves, Q. Moore, J. Watkins, J. Nagel, Medical sterilization system for NASA Space Exploration Missions /Z. Duda/ Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS) – 2017 – p. 277-282

11. [Електронний ресурс] Доступ за посиланням:

https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/decontamination.html

УДК 658

Ждан Яна, студентка 3 курсу
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Видавничо-поліграфічний інститут, кафедра репрографії

КОЛЕКТИВНІ ТА ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАСОБИ ЗАХИСТУ

Анотація. Мета цієї статті - визначити сучасний стан впливу виробничого середовища на людину та її здоров'я. Виявлені фактори впливу, які є найшкідливішими для людини та визначено їх наслідки на стан здоров'я. Проведено огляд засобів захисту та безпеки. Також визначено деякі вимоги до працівників та приміщень в умовах їх праці.

Annotation. The purpose of this article is to determine the current state of the impact of the working environment on man and his health. The factors of influence which are the most harmful for the person are defined and consequences on a condition of the person are defined. A review of security and safety equipment was conducted. There are also some requirements for employees and premises in their working conditions.

Ключові слова: виробниче середовище, фактори, шкідливі, небезпечні, засоби, колективний захист, індивідуальний захист, сприятливі умови, атестація.

Key words: production environment, factors, harmful, dangerous, means, collective protection, individual protection, favorable conditions, certification.

Вступ. Виробниче середовище – взаємопов'язаний комплекс технічних, технологічних та організаційних факторів, які впливають на енергетичні затрати, нервово-м'язову та психічну діяльність працівника, його здоров'я та продуктивність праці [1]

Від виробничого середовища, в якому відбувається трудова діяльність, великою мірою залежить стан здоров'я і рівень працездатності працівників і відповідно- продуктивність праці. У несприятливих умовах виробничого середовища працівник не тільки повинен виконувати свої професійні обов'язки, але й зазнає додаткового навантаження на організм у зв'язку з необхідністю виконувати фізіологічну роботу з метою пристосування до тих чи інших шкідливих факторів. В процесі трудової діяльності на організм людини чиниться своєрідний «тиск» несприятливими виробничими чинниками, що прямо чи опосередковано впливають на стан його здоров'я та працездатність [2].

Небезпечні і шкідливі фактори – фактори, які при контакті з організмом людини у випадку порушення вимог безпеки можуть викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення у стані здоров'я, що виявляються сучасними методами, як у процесі праці, так і у віддалені періоди життя сучасного та майбутнього поколінь

Фактори виробничого середовища поділяють на:

- Фізичні;
- Хімічні;
- Біологічні;
- Психофізіологічні.

До фізичних факторів можна віднести температуру повітря, високу вологість і різні види випромінювання, електромагнітні поля, вібрацію, шуми, освітлення, вплив газів та аерозолів, працюючі частини обладнання тощо [3].

До хімічних відносяться різні речовини, які поділяються на токсичні, дратівливі, канцерогенні, алергічні, сенсibiliзуючі, мутагенні, речовини які впливають на репродуктивну функцію [3].

Психофізіологічними факторами можна назвати велике навантаження на опорно-

рухову, серцево-судинну, дихальну системи; величину статичного навантаження; число однакових рухів; величину вантажів, які доводиться піднімати; позу робітника під час виконання процесу [3].

Мета та завдання. Аналіз засобів захисту та боротьби з небезпечними факторами виробничого середовища та його впливу на людину.

Матеріал і результати досліджень. Щоб зменшити вплив шкідливих та небезпечних факторів існують засоби колективного та індивідуального захисту.

Колективні засоби захисту – засоби, які використовуються для захисту більше двох осіб за рахунок нормалізації умов їхньої трудової діяльності.

Існує п'ять класів колективних засобів захисту:

1. Засоби нормалізації повітря (вентиляція, опалення, кондиціонування).

Сприятливі умови мікроклімату: герметизація устаткування, ізолювання поверхні випаровування рідин, автоматизація та механізація процесів з надмірним виділенням тепла та вологи [4].

2. Засоби нормалізації освітлення (джерела світла, освітлювальні прилади, світлозахисне обладнання).

Сприятливі умови зорової роботи: освітленість має відповідати характеру зорової роботи і не бути нижче встановленої норми; не повинно бути засліплюючої дії від джерел освітлення та інших предметів; освітленість має бути постійною та рівномірною; повинен бути контраст поверхонь [4].

3. Засоби захисту від шуму та вібрації (огородження, звукоізоляція, віброізоляція).

Сприятливі умови шуму та вібрації: застосування заглушників шуму, оздоблення приміщень звукопоглинаючими матеріалами, використання м'яких покриттів на віброуючих частинах приладів або устаткування [4].

4. Засоби захисту від ураження електричним струмом (заземлення, занулення, автоматичне відключення).

Сприятливі умови: всі електроприлади мають бути заземлені згідно правил налаштування приладів; за увімкнутими приладами має відбуватися постійний нагляд, при несправності приладу його мають терміново замінити чи полагодити, після закінчення роботи має проводитись перевірка вимкнення всіх приладів [4].

5. Засоби захисту від дії механічних факторів (огородження, сигналізація, знаки безпеки).

Сприятливі умови: встановлення сигналізації та огорожень на виробництві, встановлення знаків безпеки на хімічних речовинах, які можуть нашкодити) [4].

Засоби індивідуального захисту – засоби, які мають використовувати працівники для відвертання або зменшення дії шкідливих і небезпечних виробничих чинників, а також для захисту від забруднення.

Засоби індивідуального захисту поділяються на:

- ізолюючі костюми (пневмокостюми, скафандри);
- засоби захисту органів дихання (протигази, респіратори, пневмошлеми);
- спеціальний одяг (куртки, комбінезони, брюки, халати);
- засоби захисту рук (рукавиці);
- засоби захисту очей окуляри;
- засоби захисту голови, обличчя (каска, шоломи, захисні щитки);
- засоби захисту органів слуху (навушники вкладиші) [4].

Також, згідно зі ст. 13 Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. Тому, щоб перевірити умови праці проводять атестацію

робочих місць, щоб визначити який вплив на людину наносить її робоче середовище. Проведення атестацій відбувається за допомогою лабораторій, що мають право на проведення атестації робочих місць [5].

За результатами атестації складаються переліки: робочих місць, виробництв, робіт, професій і посад, працівників, у яких підтверджено право на пільги та компенсації, передбачені законодавством; робочих місць, виробництв, робіт, професій і посад, на яких пропонується встановити пільги і компенсації за рахунок підприємства; робочих місць з несприятливими умовами праці, на яких необхідно вжити першочергові заходи щодо їх поліпшення [5].

Висновок. Проведений аналіз показує, що стан здоров'я людини значною мірою залежить від виробничого середовища. Існує велика кількість засобів захисту як колективних, так і індивідуальних. Закон України «Про охорону праці» зобов'язує використовувати ці засоби на підприємствах, а також обов'язкове проведення атестацій робочих місць у всіх виробничих середовищах.

Література.

1. Букліб. Студентська бібліотека Фактори виробничого і побутового середовища URL: <https://buklib.net/books/27520/>
2. Г.М.Василик. Вплив виробничого середовища на здоров'я та працездатність людини URL: http://bogorda.if.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=7839:----a---&catid=162:----l-
3. Охорона праці і пожежна безпека. Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів URL: <https://oppb.com.ua/articles/klasyfikaciya-nebezpechnyh-i-shkidlyvyh-vyrobnychyh-faktoriv>
4. Державна служба України з питань праці. Захист від небезпечних і шкідливих виробничих факторів URL: <http://vn.dsp.gov.ua/novini-upravlinnya/zahist-vid-nebezpechnih/>
5. ЗАКОН УКРАЇНИ Про охорону праці: Закон від 27.02.2021 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

Науковий керівник – доц. Мітюк Людмила Олексіївна

УДК 331.4

Коломійчук Марина, Наталіч Владислав
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту (ІЕЕ), кафедра електропостачання

ТЕНДЕНЦІЇ, ОСОБЛИВОСТІ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІННОВАЦІЙНИХ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ

Анотація. Досліджено інноваційні технології в сфері охорони праці з використанням методів аналізу, порівняння та узагальнення.

Ключові слова: технологічні рішення, симулятори, тренінги, віртуальна реальність, трекінг пристрої.

Abstract. Innovative technologies in the field of labor protection using methods of analysis, comparison and generalization are studied.

Keywords: technological solutions, simulators, trainings, virtual reality, tracking devices.

Вступ. В даний час на будь-яких підприємствах дуже актуальним залишається питання забезпечення безпеки і охорони праці для подальшого збереження здоров'я працівників. Без безпеки виробництва працююче населення не може бути здоровим, а без здорових працівників не здатне розвиватися жодне підприємство і суспільство.

Щорічно близько 3 млн. людей у світі гинуть через недотримання вимог безпеки праці. Майже 340 млн. нещасних випадків трапляється на підприємствах, 150 млн. людей отримують професійні захворювання. При цьому економічні втрати на лікування та компенсацію виплачуються в недостатньому розмірі.

Національним законодавством України вирішення проблем охорони праці віднесено до першочергових завдань держави, оскільки йдеться про дотримання конституційних прав громадян на збереження їхнього здоров'я під час роботи на підприємствах, в установах та організаціях будь-якої форми власності.

Для того, щоб покращити умови праці на підприємствах, необхідно використовувати принципово нові методи та технології аналізу, впроваджувати інформаційні системи, застосовувати інноваційні технологічні ресурси, що забезпечать зменшення фізично важких процесів, а також сприятимуть захисту від шкідливих виробничих чинників.

Мета та завдання. У наш час технічний прогрес має на меті розширення асортименту товарів, що випускаються. Це передбачає використання на підприємствах небезпечних для персоналу технологічних процесів. Саме тому так важливо впроваджувати інноваційні технології з охорони праці. З одного боку, це допоможе зберегти життя та здоров'я працюючого персоналу, а з іншого боку роботодавці отримає бажаний результат.

Предметом дослідження є інноваційні технологічні рішення, які дозволять покращити рівень безпеки умов праці, та будуть застосовані у сфері охорони праці.

Матеріал і результати досліджень. Сучасні інноваційні технології в охороні праці мають детальний підхід до аналізу інформації: першочергово розглядаються відомості про аварійність, небезпечність і травматизм на виробництві з використанням теорії ризику і створенням нових заходів для запобігання та мінімізації виробничих нещасних випадків. Тому важливим напрямком інновацій в охороні праці є розробка методів запобігання аварійності та травматизму в робочих умовах. До таких методів можна віднести:

- впровадження програмного забезпечення для контролю та скорочення ризику появи небезпечних ситуацій;
- впровадження нових технологічних гаджетів та пристроїв, які дозволять скоротити рівень ризику та небезпеки;

- впровадження GPS технологій, що дозволять проводити моніторинг роботи працівників та забезпечать надійність технологічного процесу;
- організація інтерактивних підходів при ознайомленні персоналу з правилами безпечних умов праці;
- використання симуляторів для ознайомлення та детального вивчення можливих ризиків чи аварійних ситуацій.

Одним з основних інноваційних підходів до навчання персоналу є проведення «Цифрового» навчання.

Цифрові технології використовуються не тільки для узгодження кроків в системах різних операцій і дій, в даному випадку - охорони праці. Вони націлені на створення і навчання співробітників різним навичкам з безпеки на виробництві.

Так, експеримент компанії «Csevgum.inc» може продемонструвати перевагу навчання співробітників за допомогою віртуальної реальності. В результаті експерименту 50 співробітників зі 100 пройшли навчання навичкам за допомогою традиційних методик, 50 - за допомогою цифрових технологій.

Через рік з'ясувалося, що перша група змогла повторити лише 20 відсотків засвоєного матеріалу, а друга - 80 відсотків. Результат повністю оправдовує використання даної технології.

Технології 3D віртуальної реальності для навчання співробітників.

Дана технологія надає нові можливості в навчанні персоналу, знижує ризики збитків при виході з ладу дорогих пристроїв і передбачає збої в роботі обладнання. Навчання за допомогою віртуальної реальності дозволяє працівнику взаємодіяти з точною копією обладнання без ризику для майна компанії, навколишнього середовища і власного здоров'я.

Для навчання персоналу стали використовуватися мобільні додатки, які незалежно від місця знаходження працівника, допомагають підготуватися йому до іспиту з безпеки праці. Наприклад, користувачі можуть подивитися потрібну інформацію без підключення до мережі.

Збільшився масштаб використання «розумних технологій» і в автоматизації процесів в різних галузях, наприклад, у важкій промисловості, але до повної безпеки процесів і виключення людини з небезпечних зон поки ще далеко.

Симулятори і тотальний контроль за роботою працівників.

Одним з ефективних прикладів інновацій є симулятори з відпрацювання навичок у віртуальній реальності в разі виникнення надзвичайних ситуацій. Так, дані симулятори є достатньо дорогими, але варто пам'ятати, що людське життя набагато дорожче.

Також одним з інноваційних рішень є електронний браслет, який дозволяє фіксувати дії працівників фізичної праці, зокрема персоналу клінінгових компаній. Прилад враховує прискорення руху в різних площинах і видає сумарний результат. Тобто показує інтенсивність праці. Таким чином браслет ефективний на етапі навчання нового співробітника. Клінінгові компанії вчать працівників як правильно нагинатися, як піднімати відро. Це стосується охорони праці, адже це профілактика профзахворювань.

Інновації широко поширюються і в сфері розробки, виробництва і використання захисних матеріалів. Прикладом може слугувати використання захисного взуття з композитним матеріалом під носком. Взуття перешкоджає натисканню верхнього краю взуття на стопу, що запобігає втомі ніг працівника, а головне - запобігає ушкодженню стопи при ударі.

У 2018 році компанія «Visitech» представила модуль «Виробничий контроль», який є інтегрованою системою забезпечення безпеки робіт. Програма створена для профілактики і контролю процесів, пов'язаних з вимогами охорони праці, промислової безпеки та охорони навколишнього середовища. Під час використання опитувальних і маршрутних листів виявляються ризики, ведеться облік всіх подій, будується глобальна, діаграмна аналітика з точки зору надійності заходів безпеки.

Хмарний сервіс «MyObject» дозволяє вести електронний документообіг в сфері звітності з охорони праці, сформувати бази даних небезпечних об'єктів та ділянок, враховувати ризики, контролювати виконання приписів. Система створює на виробництві єдиний інформаційний простір для співробітників всіх рівнів, що значно спрощує їх взаємодію.

Використання «Розумних захисних касок»

Якщо робітникові загрожує небезпека, визначається високий ступінь ризику, модуль миттєво зв'язується з єдиним хмарним сервером і передає інформацію. Каска також стежить за показниками здоров'я співробітника, температурою в робочій зоні, вмістом шкідливих домішок в повітрі або концентрацією вибухонебезпечних газів. За допомогою даної каски можливо проводити аналіз умов праці співробітників та виявляти шкідливі чинники що впливають на здоров'я людини.

Висновок. Отже, завдання підвищення ефективності виробництва неможливо вирішити без створення безпечних робочих місць і впровадження передових методів забезпечення охорони праці.

Інновації в охороні праці включають як інформаційні рішення, спрямовані на вдосконалення методів підготовки персоналу на знання норм і правил охорони праці, так і впровадження аналітичного контролю, а також забезпечення персоналу пристроями моніторингу, засобами індивідуального захисту. На сучасному ринку інноваційних засобів індивідуального захисту пропонується безліч рішень, що суттєво зменшують ризик появи небезпечних ситуацій на підприємстві. Все це, дозволяє зберегти здоров'я та життя людини та забезпечити якісні умови праці.

Література:

1. Верхозін, С. (н.д.). Віддалений моніторинг в майнінгу. Джерело <https://zolotodb.ru/article/11264>
2. Вільде, О. (2019, травень). Технологія безпеки. Сибірська нафта, 161. Джерело <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/about/>.
3. Андрєєв, Ф. (2018, 28 листопада). Ризик під контролем. Джерело <https://rg.ru/2018/11/28/blagodaria-innovaciiam-usovershenstvuet-sia-ohrana-truda-na-proizvodstve.html>
4. В. П. Вишневський, Л. О. Збаразська, М. Ю. Заніздра, В. Д. Чекіна та ін.; за загал. ред. В. П. (Київ, 2016) – 519 с. Національна модель неоіндустріального розвитку України. Джерело <https://conferences.vntu.edu.ua>
5. Інноваційні технології навчання охорони праці [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.rusnauka.com/14_NPE_2015/Pedagogica/2_192403.doc.htm.
6. Масліков Д. (2019, 23 листопада). В Україні збільшився рівень смертності та захворюваності на виробництві. Джерело <https://www.unn.com.ua/ru/news/1837366-v-ukrayini-zris-riven-smertnosti-i-zakhvoryuvanosti-na-virobnitstvi>

Науковий керівник - проф. Третьякова Лариса Дмитрівна

УДК 331.454.

Коршикова Олена, студентка 3 курсу
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Видавничо-поліграфічний інститут, кафедра репрографії

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

Анотація. У статті представлені результати дослідження та статистичні дані виробничого травматизму, проведено аналіз професійних захворювань у різних галузях на території України, запропоновані шляхи покращення щодо зменшення виробничого травматизму та більш ретельної підготовки як робочих кадрів, так і роботодавців до вирішення проблем даного типу.

Ключові слова: виробничий травматизм, професійне захворювання, статистичні дані, охорона здоров'я, здоров'я працівників, обов'язки роботодавців

Annotation. This article represents the results of research and statistics of occupational injuries and occupational diseases in various industries on the territory of Ukraine, analyzes and suggests were made to improve positive results in reducing occupational injuries and more thorough training of both workers and employers to solve problems of this type.

Keywords: occupational injuries, occupational diseases, statistics, Health Protection, employee health, employers' responsibilities

Вступ. Виробничий травматизм, професійні захворювання та нещасні випадки є найбільш вагомою та центральною проблемою сфери охорони праці, адже життя людини є найбільшою цінністю, яку роботодавці мають захищати, а самі працівники мають бути впевнені в тому, що їх права на захист здоров'я виконуються. Відсутність або неякісне проведення навчання з питань охорони праці, відсутність контролю та порушення вимог норм безпеки неминуче призводять до травмонебезпечної ситуації, яка може бути причиною більш серйозних наслідків.

Мета та завдання. Дослідити та проаналізувати проблему виробничого травматизму, дослідити статистичні дані, зробити висновок та дати пояснення проблематиці виробничого травматизму, знайти шляхи покращення.

Матеріал і результати досліджень. Для того, щоб проаналізувати дану проблему та знайти шляхи її вирішення, перш за все, було зібрано статистичні дані за 2020 рік. За результатами статистики найбільш травмонебезпечною у 2020 році стала галузь охорони здоров'я — 3 238 травмованих осіб, що становить 48,7% від загальної кількості травмованих по Україні. Кількість страхових нещасних випадків у цій галузі порівняно з 2019 роком збільшилась у 13,3 рази (з 243 до 3 238 осіб). Кількість страхових нещасних випадків зі смертельним наслідком збільшилась у 13,6 рази (з 5 до 68 осіб). Значне зростання кількості потерпілих у сфері охорони здоров'я обумовлене випадками інфікування медичних та інших працівників на COVID-19.

Так за 2020 рік було зареєстровано 3054 (з них 66 — смертельно) потерпілих від випадків гострого професійного захворювання з діагнозом COVID-19, на яких було складено акт за формою Н-1/П, пов'язаний з виробництвом, що становить 46% загальної кількості потерпілих за цей період. Найбільша кількість випадків гострого професійного захворювання з діагнозом COVID-19, на які складено акти за формою Н1/П, зареєстрована у таких областях: Київська (13,1%); м. Київ (9,4%); Харківська (8,6%); Львівська та Хмельницька (7,2%); Івано-Франківська (6,9%). Кількість випадків гострого професійного захворювання з діагнозом

COVID-19 у цих областях становить 52,4% від загальної кількості травмованих по Україні.

Серед найбільш травмонебезпечних галузей у 2020 році також опинилася добувна промисловість і розроблення кар'єрів — кількість потерпілих становить 9,6% від загальної кількості травмованих по Україні (639 осіб, з яких 30 — смертельно). Порівняно з 2019 роком кількість страхових нещасних випадків у цій галузі зменшилась на 17,7% (із 776 до 639 осіб), а кількість смертельно травмованих осіб збільшилась на 11,1% (із 27 до 30 осіб).

У сфері транспорту, складського господарства, поштової і кур'єрської діяльності кількість потерпілих становить 5,9% від загальної кількості травмованих по Україні (395 травмованих осіб, з яких 51 — смертельно). Кількість страхових нещасних випадків у цій галузі порівняно з 2019 роком зменшилась на 2,2% (з 404 до 395 осіб). Кількість страхових нещасних випадків зі смертельним наслідком зменшилась на 17,7% (з 62 до 51 особи).

Якщо проаналізувати статистичні дані за регіонами, то можна дійти висновку, що найбільша кількість страхових нещасних випадків у 2020 році зареєстрована у Дніпропетровській області (10,3%). Далі кількість страхових нещасних випадків розподілилася по регіонах таким чином: м. Київ (10,2%); Київська область (8,5%); Львівська область (7,0%); Донецька та Харківська (6,5%). Кількість травмованих осіб у всіх цих областях становить 49,0% від загальної кількості травмованих по Україні.

Використовуючи офіційні дані [1] та власні підрахунки, можна зробити висновок, що найпоширенішими організаційними причинами травматизму стали: невиконання вимог інструкцій з охорони праці — 25,3% від загальної кількості травмованих осіб по Україні (1680 травмованих осіб); інші організаційні причини — 6,6% (438 травмованих осіб); невиконання посадових обов'язків — 4,3% (288 травмованих осіб); порушення вимог безпеки під час експлуатації транспорту загального користування (автомобільного, водного, залізничного, повітряного) — 4,3% (286 травмованих осіб); невикористання засобів індивідуального захисту за їх наявності — 2,9% (196 травмованих осіб); порушення технологічного процесу — 2,1% (137 травмованих осіб).

Найпоширенішими психофізіологічними причинами стали: особиста необережність потерпілого — 7,5% від загальної кількості травмованих осіб по Україні (500 травмованих осіб); інші психофізіологічні причини — 4,6% (307 травмованих осіб); травмування (смерть) внаслідок протиправних дій інших осіб — 3,3% (218 травмованих осіб).

Серед технічних причин необхідно виділити: незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території — 1,8% від загальної кількості травмованих осіб по Україні (120 травмованих осіб); невідповідність засобів колективного та індивідуального захисту встановленим вимогам та їх недостатність — 1,7% (115 травмованих осіб); інші технічні причини — 1,1% (72 травмовані особи); незадовільний технічний стан засобів виробництва — 0,8% (54 травмовані особи); конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва — 0,6% (43 травмовані особи).

До основних подій, які призвели до страхових нещасних випадків, належать: падіння потерпілого під час пересування — 11,2% (747 осіб); дія рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів — 6,3% (418 осіб); дорожньо-транспортна пригода на дорогах (шляхах) загального користування — 4,8% (322 особи); падіння потерпілого з висоти — 4,8% (319 осіб); падіння предметів, матеріалів, дерев, гілок дерев, матеріалів, інструментів, пристроїв — 3,0% (199 осіб).

До устаткування, використання якого найчастіше приводить до настання нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом, належать: автомобілі — 2,0% від загальної кількості травмованих по Україні (134 травмовані особи); устаткування гірничо-шахтне — 1,0% (66 осіб); автомобілі спеціалізовані, автопоїзди, автомобілі-тягачі, кузови-фургони, причеми, тролейбуси, автонавантажувачі, мотоцикли, велосипеди — 0,9% (59 осіб).

Окрім цього, також варто приділити увагу проблемі виробничого травматизму саме в галузі тваринництва та переробки продукції тваринництва, тому що Україна за висновками

різних як вітчизняних, так і міжнародних досліджень належить до списку країн, у яких переважає аграрна система, а тому ця галузь є невід'ємною частиною аграрного бізнесу. Високий рівень травматизму у галузі тваринництва зумовлений складністю та особливостями виробничого процесу, серед яких слід відмітити певну циклічність у виконанні робіт, експлуатацію застарілої матеріально-технічної бази, відсутність засобів безпеки, збільшення частки праці з фізичним перенапруженням, низький рівень професійної кваліфікації працівників та робота в несприятливих макро- і мікрокліматичних умовах [2]. До особливостей виробничих процесів в тваринництві відносяться участь в них не тільки людей, а й тварин, а також присутність кормів різного фізико-хімічного складу, різноманітного обладнання. У деяких процесах ще застосовують ручну працю, особливо на допоміжних і вантажно-розвантажувальних операціях. У зв'язку з цим виробниче обладнання часто мають у своєму розпорядженні в суміжних невиробничих приміщеннях. Унаслідок цього на працівників тваринництва впливають значні фізичні навантаження, тривале перебування в незручній робочій позі, зараження повітря робочої зони мікроорганізмами і сумішшю газів (сірководень, аміак), несприятливий мікроклімат. Сукупний вплив цих факторів викликає перебудову діяльності нервової системи і призводить до появи специфічних і неспецифічних її порушень. Найбільшу групу постраждалих складають скотарі, пастухи, доярки, телятниці, свинарі, конюхи, техніки-осіменатори (на їх частку припадає 39,7% нещасних випадків в тваринництві). До другої групи (34,2%) входять працівники, пов'язані з транспортними роботами і обслуговуванням сільськогосподарського обладнання (агрегатів гноєвидалення, парових та водогрійних котлів): механізатори, водії, слюсарі, що обслуговують обладнання тваринницьких ферм і комплексів.

Висновки:. Основною причиною травмування працівників є порушення вимог організації трудового процесу, а саме допуск до роботи без проведення інструктажу, без професійної підготовки, відсутність інструкцій з охорони праці тощо. Наведені відомості змушують звернути увагу на необхідність дотримання технологічної і трудової дисципліни, на підвищення професійного рівня в частині вимог безпеки при роботі з машинами та обладнанням, при обслуговуванні техніки, на усунення причин і джерел травмування, на підвищення якості навчання та атестації працівників і підвищення вимог при атестації.

Література

1. Постанова 06.07.2006 Н П-5-2 Про стан умов, безпеки праці, рівень виробничого травматизму й професійної захворюваності в країні та завдання членських організацій ФПУ щодо посилення впливу профспілок на забезпечення здорових і безпечних умов праці .
2. Основи охорони праці : підручник / М. С. Одарченко, А. М. Одарченко, В. І. Степанов, Я. М. Черненко. - Х. 2017 - 334 с.

Науковий керівник – доц. Мітюк Людмила

УДК 331.4

Лавренюк Вікторія, студентка 3 курсу
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Видавничо-поліграфічний інститут, кафедра репрографії

ВИМОГИ ДО ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ, ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА РОБОЧИХ МІСЦЬ НА ПОЛІГРАФІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Анотація. Робота на поліграфії має свої особливості та правила щодо умов праці за рахунок великої кількості шкідливості, таких як використання великої кількості хімічних речовин, необхідності певних специфічних умов мікроклімату (вологість повітря, підвищена температура, запиленість обладнання). У даній статті наведено основні вимоги до матеріалів, технологічного обладнання та робочих місць на поліграфічному підприємстві.

Annotation. Working processes and labor law in printing industry has its own features and rules regarding to special working conditions as use of a large number of chemical substances, a need for microclimate conditions (humidity, temperature, dust-free equipment). This article presents the basic requirements for materials, process equipment and jobs places at the printing company.

Ключові слова: поліграфія, умови праці, умови праці на поліграфії, поліграфічне обладнання, вимоги до виробничих процесів.

Key words: polygraphy, working conditions, working conditions on polygraphy, printing equipment, requirements to production processes.

Мета: структурувати та оформити вимоги до обладнання, матеріалів, робочих місць на поліграфічному підприємстві.

Завдання: дослідити вимоги до виробничих процесів у поліграфії.

Вступ. Поліграфічне виробництво при невиконанні умов охорони праці та в найпершу чергу може становити велику небезпеку для робочих спеціалістів та власне їх здоров'я. Тому важливо робітникам знати та бути проінструктованими про їх права з охорони праці, а працедавцям забезпечувати належні умови праці.

Матеріал та результати досліджень. Виконання вимог з дотримання необхідних, комфортних умов праці – одне з найголовніших, нагальних питань охорони праці. Найперше, підприємство має бути розміщене не менше ніж на 25 кв.м. Відстань від поліграфічних машин до стіни має складати не менше 1,5м. В робочій зоні (на підлозі перед пультом управління) необхідно мати діелектричний коврик.

Одним з основних пунктів при розрахуванні площі і макету приміщення є розміщення вентиляції. Вентиляція забезпечує повітрообмін і не допускає перевищення рівня концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони понад встановлених значень. Обладнання та виробничі процеси, які є джерелами виділення надлишкового тепла, пилу і шкідливих речовин, повинні бути обладнані місцевими відсмоктувачами в кожному місці виділення.

Особливе місце займають особливості роботи з хімічними речовинами. Поліграфічне підприємство має вміщувати в собі окреме обладнане приміщення для виробничих процесів, пов'язаних із застосуванням або утворенням токсичних, дратівливих, легкозаймистих речовин. Всі роботи в лабораторії, пов'язані з можливістю виділення токсичних або пожежо- та вибухонебезпечних парів і газів, слід проводити тільки у витяжних шафах, обладнаних верхніми і нижніми відсмоктувачами; відсмоктувачами, а також бортиками, що запобігають набряканню рідини на підлозі. Користуватися витяжними шафами з розбитим склом або несправною вентиляцією забороняється. Забороняється проводити роботи у витяжній шафі, де знаходяться матеріали та обладнання, які не використовуються у виконуваний операції. Не

допускається встановлювати витяжну шафу безпосередньо біля дверей.

На підлозі біля клеєварочних котлів мають бути дерев'яні настили решеткоподібні і резинові коврики з ребристою поверхнею для унеможливлення отримання робітником робочої травми.

Бензин, газ, розчинники та інші горючі матеріали та хімічні речовини повинні зберігатися в окремих приміщеннях. На робочому місці можуть зберігатись лише ті хімічні речовини, реактиви, прибори та устаткування, які необхідні для роботи на даний момент. Концентровані розчини кислот і лугів, а також отруйні речовини слід зберігати в щільно закритих контейнерах і тільки під тягою (у витяжній шафі).

Обов'язковим є наявність журналу технічного стану, де фіксуються наступні терміни наступними спеціалістами:

- працівником, який обслуговує обладнання, - щодня в кінці зміни, а при наявності зауважень з безпеки праці або в аварійних ситуаціях - негайно;
- керівником дільниці, де встановлено дане обладнання, - не рідше одного разу на тиждень;
- фахівцями технічних служб (відділи головного механіка і головного енергетика), за якими закріплено дане обладнання, і представником служби охорони праці організації - не рідше одного разу на місяць.

Після проведення ремонту обладнання відчують в різних режимах роботи, результати випробувань оформляються актом і підписуються службою, яка виконувала ремонт, керівником цеху (де експлуатується обладнання) і представником служби охорони праці організації.

Папір, картон, поліграфічні матеріали, запасні частини обладнання, інші матеріальні цінності повинні зберігатися в спеціально відведених приміщеннях, складах або на спеціальних майданчиках цеху. Марзан, опора для різального ножа, не можуть бути виготовлені зі свинцю, рекомендовані матеріали — дерево, пластик.

Висновки. Основні вимоги висуваються до розміру поліграфічного приміщення, а саме не менше 25 кв, наявності спеціальних приміщень для роботи з хімічними речовинами, а також обов'язковою є достатня вентиляція приміщення. В роботі наведено найперші та необхідні умови охорони праці на поліграфічному виробництві, але це далеко не всі необхідні. Більше з ними можна ознайомитись в Наказі № 932 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Підприємства та організації поліграфічної промисловості».

Література:

1. Наказ Міністерства Охорони Здоров'я України від 19.12.2011 р. № 932 “Про затвердження Державних санітарних норм та правил Підприємства та організації поліграфічної промисловості» // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0065-12#Text>
2. Охорона праці / В. Г. Грибан, О. В. Негодченко. - Київ: “Центр учбової літератури”, 2011. - 118-124 с.
3. Основи охорони праці / Я.О. Серіков — Харків: ХНАМГ, 2007. - 87-103 с.
4. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 від 24.09.2002 // http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ST000604.html

Науковий керівник — доц. Мітюк Людмила Олексіївна

УДК 614

Рак Єва, студентка 3 курсу
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Видавничо-поліграфічний інститут, кафедра репрографії
Науковий керівник: **Л. О. Мітюк**, канд. наук, доц., ІЕЕ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПСИХОЛОГІЯ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ

Анотація. Метою цієї статті є здійснення загального огляду стану справ у сфері психології праці та аналіз сучасних підприємств щодо надання психологічної підтримки робітникам. Наведено історичні дані, які зумовили розвиток у сфері психології та зацікавленість у підвищенні рівня психологічної підтримки на підприємствах. Описано ключові ролі, які психолог виконує задля покращення організації підприємства. Також описані позитивні аспекти щодо впровадження психологічної підприємницької діяльності. У результаті аналізу підтверджена актуальність проблематики у сфері психології праці, наведено основні причини та пропозиції щодо вирішення даної проблематики.

Ключові слова: психологія праці, охорона праці, внутрішній споживач, психологія на підприємстві, психологічна підприємницька діяльність, бізнес-психологія, психологічна служба.

Annotation The purpose of this article is to provide a general overview of the state of affairs in the field of occupational psychology and analysis of modern enterprises in terms of providing psychological support to workers. The historical data that led to the development in the field of psychology and interest in increasing the level of psychological support in enterprises are presented. The key roles that the psychologist plays to improve the organization of the enterprise is described. Positive aspects of the introduction of psychological entrepreneurship are also described. As a result of the analysis the urgency of the problem in the field of psychology of work is confirmed, the main reasons and offers concerning the decision of the given problem are resulted.

Key words: labor psychology, labor protection, internal consumer, psychology at the enterprise, psychological business activity, business psychology, psychological service.

Вступ. За роки індустріалізації та загального розвитку промисловості багато ключових факторів стосовно внутрішньої політики підприємств зазнали багатьох змін. Ці зміни зумовлені технологічним розвитком та прагненням до підвищення успішності підприємства на ринку. Успіх компанії може залежати від багатьох факторів, наприклад таких як знань у сфері економіки, фінансів, менеджменту, права та інших соціально-економічних наук. Але здебільшого рушійною силою є насамперед психологічний або людський фактор. Так як якість продукту має певну залежність від так званого внутрішнього споживача, який її створює, є необхідність у якісній підтримці не тільки технічному, але й у психологічному забезпеченні [1].

Це обумовило появу нового, самостійного напрямку в психології — психології підприємницької діяльності. Тому важливим завданням організаційних та економічних психологів є надання психологічної допомоги діючим суб'єктам підприємницької діяльності (підприємцям), що передбачає опанування ними відповідних психологічних технологій [1,2].

Необхідність впровадження психологічної підприємницької діяльності зумовлена зростанням темпів життя, збільшенням обсягу інформації, кризовими явищами в природі і суспільстві, сьогодні визнається як фахівцями, так і населенням взагалі. Організація психологічної служби стала одним з напрямків оптимізації роботи, наприклад, установ освіти [3].

Лише після публікації у 1911 році Ф. Тейлором своєї книги "Принципи наукового управління" почалася епоха наукового підходу до створення та регуляції процесів бізнес-

діяльності. У його праці досить важливий акцент був направлений саме на людський фактор та взаємини керівництва з персоналом. Таким чином поступово став розвиватися напрям у 40-х роках під назвою "бізнес-психологія" [4].

Найперші психологічні служби з'явилися на промислових підприємствах у 60-70 роках ХХ століття в межах новоствореної системи наукової організації праці. Їх виникнення було пов'язане з певним рівнем розвитку прикладних досліджень у галузі соціології, соціальної психології, педагогічної психології, психології праці та інженерної психології. Метою діяльності перших психологічних служб на підприємствах було підвищення ефективності праці робітників. Досягнення цієї мети передбачало вирішення завдань підвищення працездатності та зниження втомлюваності шляхом застосування психологічних факторів [5].

Якщо ж говорити про основне завдання психолога то О. А. Конопкін зазначає, що це є оптимізація діяльності людини і її поведінки в цілому, встановлення причин відхилень у його діяльності і невдач, а також знаходження шляхів їх подолання. Основна ж роль психологічного супроводу персоналу, на думку Т. С. Кабаченко, полягає в залученні і використанні ресурсів цієї системи, оптимізації ергономічних, організаційних, інформаційних та гігієнічних передумов діяльності персоналу [2,4].

Що ж стосується стан справ України стосовно розвитку психологічної підприємницької організації, то це явище у наших реаліях досить нове та молоде. Лише в 90-х рр. ХХ ст. стала поступово вводитися в штатний розклад посада психолога: у школах, лікарнях, дитячих дошкільних установах, спортивних школах і командах. Пізніше у психологів з'явилося завдання участі в процесі управління і розвитку організації. Вони стали радниками-експертами в питаннях прийому на роботу та навчання персоналу, виконуючи запити керівництва організації. Наступним етапом стала поява функції психологічної допомоги працівникам різного рангу у вирішенні особистісних проблем та врегулювання міжособистісних відносин всередині організації [2-4].

Тим не менш питання щодо впровадження психологічної підприємницької діяльності все ще дуже розмите та потребує аналізу необхідності кожного підприємства.

Мета та завдання. Огляд питання щодо актуальності психологів та психологічних служб на підприємстві, представлення аналізу поточного стану справ психології праці, аналіз та підтвердження проблематики.

Матеріал і результати досліджень. На основі останніх соціальних досліджень психологічних особливостей українських підприємців, що працюють в сфері бізнесу, вивчено їх потреби в психологічній підтримці.

Проведене дослідження включало в себе поняття вмотивованості підприємців стосовно їхньої роботи. Загалом більшість людей виділило такі найбільш мотиваційні риси своєї роботи, як свобода і незалежність у прийнятті рішень, в поточному та стратегічному плануванні своєї діяльності та робочого часу, відсутність контролю, прагнення досягнення успіху у своїй власній справі, насичене професійне спілкування, пов'язане з постійним спілкуванням та взаємодією в бізнес-середовищі. Одну з найменш привабливих сторін було виділено як можливість отримання високого прибутку, що може свідчити про те, що зарплатня не грає найвищої ролі вмотивованості підприємця виконувати свою роботу. Також невелику кількість людей зазначили саме соціальні мотиви, зокрема «потребу визнання в суспільстві» [4].

Щодо аналізу особистісних якостей, більшість опитаних підприємців зазначили, що їм властиві відповідальність, комунікабельність, вміння піти па компроміс, вміння самостійно приймати рішення, незалежність та розвинена інтуїція. Проте значно менше підприємців зазначили наявність у них таких важливих для підприємницької діяльності якостей, як: уміння ризикувати, лідерські якості, здатність до самоорганізації та організації роботи колективу, вміння доводити почату справу до кінця тощо. Саме ці особистісні якості підприємці хотіли б розвивати та вдосконалювати для підвищення ефективності підприємницької діяльності.

Що стосується безпосередньо здійснення підприємницької діяльності, то переважна

більшість підприємців зазначили, що вони тою чи іншою мірою зазнають ускладнень в реалізації функцій планування, організації та здійснення контролю. Позитивно оцінюючи роль конкурентоздатної команди в забезпеченні успішності підприємницької діяльності, підприємці засвідчили доволі нечіткі уявлення про сутність команди, її структуру, принципи функціонування та механізми формування. Також неодноразово було вказано на те, що їх діяльність постійно супроводжується стресовими ситуаціями, а переважна більшість заявили, що не вміють успішно долати їх [4].

Такі результати свідчать про достатню актуальність психологічної підтримки підприємцям з боку організаційних психологів та загалом присутності психолога на підприємствах. Впровадження у структуру компанії психолога буде сприяти покращенню психологічної підтримки діяльності персоналу, психологічної підтримки у розв'язанні професійних завдань, а й також надання індивідуальних психолого-управлінських консультацій для підприємців. Загалом розглядання психологічного захисту робітників сприяє покращенню якості роботи на підприємстві, зміцненню колективу та загального розвитку кожної з осіб. Кожна відповідна роль психолога так чи інакше сприяє загальному розвитку підприємства та його зміцненню. Однак, тільки стабільні середні підприємства та великі фірми можуть дозволити собі мати в штаті психолога, тим більше - психологічну службу. По ряду економічних причин дрібні і середні підприємства і фірми звертаються до послуг психолога лише час від часу. Цим обумовлені недостатньо пророблені нормативні засади роботи психологічної служби організації. Часто організації окремих галузей розробляють свою нормативну систему, засновану на загальних принципах, функціях і напрямках роботи практичного психолога, що також має свій позитивний результат [1-4].

Висновок. На жаль роль психолога на підприємствах є не досить розповсюдженою та потребує повного нового підходу до організації процесів, зазвичай більшість компаній не готові до нових проваджень та воліють працювати за старими принципами. Обізнаність суспільства у питаннях психологічної допомоги, попереднє навчання у школах та підвищення та закріплення знань у навчальних закладах вищої освіти у області психології праці зумовить подальші позитивні зміни у даній проблематиці.

Бібліографічний список.

1. Будаговська С.Д. "Мікроекономіка і макроекономіка", URL: http://www.ecolic.ho.ua/ecolic/mikro_makro_budagovska.pdf
2. Манухіна С.Ю. Психологія праці, види і форми психологічної діяльності в організації URL: https://stud.com.ua/25418/psihologiya/rol_mistsepsihologapratsi_pidpriyemstvi
3. Психологія праці. [Пер. зі словац. Г.В. Матвєєвої-Муніповой]. - М.: Профиздат, 1979. - 216 с.
4. Манухіна С.Ю. Психолог-консультант в організації: проблемні поля і зони розвитку Функції психолога в організації URL: https://stud.com.ua/25419/psihologiya/psiholog_konsultant_organizatsiy_i_problemnii_polyazonirozvitku
5. Дуткевич Т.В. Характеристика досвіду роботи психологічної служби підприємства URL: <https://westudents.com.ua/glavy/79106-2-harakteristika-dosvdu-roboti-psihologchno-slujbi-pdprimstva.html>

УДК 351.862

Семйонова Іванна Сергіївна, студентка 3 курсу
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Видавничо-поліграфічний інститут, кафедра технології поліграфічного виробництва
Мітюк Людмила, доц. каф. ОППЦБ
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра охорони праці, промислової та цивільної безпеки

ВИКОРИСТАННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ

***Анотація.** Одним з перспективних напрямів у сфері охорони праці для підвищення безпеки виробництва є прогнозування ризиків виробничого травматизму та створенням умов уникнення небезпек на основі таких прогнозів.*

У статті викладено основні напрямки удосконалення систем управління охороною праці та ризиками, використовуючи ризик-орієнтовний підхід для зниження виробничого травматизму.

***Ключові слова:** ризик-орієнтований підхід, виробничий травматизм, системи управління охороною праці та ризиками.*

***Annotation.** One of the promising areas in the field of labor protection to improve occupational safety is to predict the risks of occupational injuries directly related to the production process and the creation of conditions to avoid injuries based on such forecasts.*

The article outlines the main directions of improving occupational safety and risk management systems using a risk-oriented approach to reduce occupational injuries.

***Keywords:** risk-based method, occupational injuries, occupational safety and risk management systems.*

Вступ

Впровадження прогресивних технологій та зростаючий рівень конкуренції покращують умови праці, її процеси та організацію, що значною мірою впливає на рівень виробничого травматизму. В Україні такі чинники не є визначальними. Високий рівень корупції, відсутність інвестиційних фондів, ненадійні соціальні та виробничі умови; неповні та неефективні правила щодо безпеки праці перешкоджають запровадженню позитивних тенденцій в охороні праці.

Хоча кількість нещасних випадків на виробництві в Україні зменшується, згідно з офіційною статистикою, кількість смертей та загальних нещасних випадків все ще залишається досить високою [1].

Мета та завдання

Метою статті є дослідження та інформування про удосконалення системи управління охороною праці та ризиками з метою зниження виробничого травматизму до прийнятного рівня, використовуючи ризик-орієнтовний підхід.

Матеріал і результати досліджень

Статистика травматизму наполегливо переконує в тому, що для зменшення впливу негативних факторів і реалізації державної політики в сфері охорони праці необхідно вводити наукове управління процесом поліпшення умов і безпеки праці на підприємствах різних форм власності, удосконалювати підходи по економічній оцінці впливу праце охоронних витрат на

ефективність виробництва. Для цього потрібно відпрацьовувати і впроваджувати комплекс науково обґрунтованих сучасних методів і рекомендацій щодо економічного управління охороною праці на підприємствах [2].

На заміну концепції стовідсоткової безпеки приходить ризик-орієнтований підхід, а саме концепція ненульового ризику, заснованої на факторах ризику, передбачаючи розвиток побічних ефектів та оцінюючи наслідки. Знання про подію (аварію, катастрофу, нещасний випадок) та прогнозування тяжкості збитків допоможуть запобігти або зменшити тяжкість цих подій шляхом прийняття відповідних рішень. Крім того, аналіз ризиків надає пріоритет профілактичним заходам і, отже, витратам на їх проведення [3].

Зміни в системах управління охороною праці повинні покращити стан здоров'я працівників, зменшити ризик небезпеки до допустимого рівня та допомогти запобігти нещасним випадкам на виробництві. Щоб досягти допустимого ризику необхідно:

- Ідентифікувати кожну небезпеку, яка може виникнути на робочому місці;
- Оцінювати ризик для кожної небезпечної події;
- Здійснювати потрібні коригуючі дії, якщо ризик неприйнятний.

Для оцінки ризиків використовуються коефіцієнти технічної безпеки обладнання та споруд K_T і K_C і коефіцієнти організаційної безпеки K_B , а також відповідними розрахунковими функціями залежно від кількості і важкості нещасних випадків. Для того, щоб цілісно і повно здійснювати оцінювання ризиків потрібно користуватися відповідними методичними рекомендаціями, які необхідно вивчати, вдосконалювати та запроваджувати як добровільно так і директивно.

Оцінювання ризиків є ефективним запобіжним заходом, який враховує не тільки ті інциденти, які сталися у минулому, але й небезпеки, які ще не викликали негативних наслідків.

Оцінювання ризиків полягає у визначенні величини ризиків, аналізу можливих наслідків та ймовірності їх настання, прийнятті рішення стосовно прийнятності чи неприйнятності ризиків. Методи оцінювання ризиків поділяються на якісні та кількісні.

Важливе значення для створення передумов широкого впровадження ризик-орієнтованого підходу, так і для всієї концепції реформування систем управління охороною праці, матиме вивчення та розповсюдження передового досвіду соціально-орієнтованої системи охорони праці у промислово розвинених країнах світу. Є потреба адаптації таких методів, прив'язаних до зарубіжних цінностей і усталеної моделі розвитку суспільства і економіки, до наших реалій. На жаль, є випадки, коли чудово працюючі у світі моделі управління в наших умовах аж ніяк не вдається у чистому вигляді застосовувати.

Система управління охороною праці та ризиками є частиною загальної системи управління підприємства, яку використовують, щоб розробити та запровадити політику підприємства у сфері охорони праці, підвищувати рівень безпечності виконання робіт на підприємстві, зменшувати, запобігати чи усувати вплив небезпечних чинників і керувати ризиками, пов'язаними з небезпеками [4].

Система управління охороною праці та ризиками призначена забезпечувати охорону життя, здоров'я та безпеку найманих працівників, тимчасових працівників, персоналу підрядників, інших осіб на робочому місці на підприємстві, де їх перебування є дозволеним і необхідним.

Висновки

Таким чином, модернізація системи управління охороною праці з включенням до неї системи управління виробничими ризиками, тобто створення системи управління охороною праці та ризиками, разом з вищевикладеними заходами організаційно-технічної та управлінської спрямованості дозволяє впроваджувати нові методи профілактики виробничого травматизму, створювати гармонійні (збалансовані) відносини між працівниками та менеджментом, значно ефективніше організовувати виконання вимог Закону України «Про охорону праці». Це також свідчить про те, що необхідно підготувати зміни та доповнення до Закону «Про охорону

праці» з урахуванням змін у суспільних відносинах з часу його прийняття, необхідності наповнення конкретним змістом тези про соціальне партнерство, оздоровити взаємовідносини роботодавець – найманий працівник [1-3]. Проекту нового Закону "Про Безпеку та здоров'я працівників на роботі" має більш якісні формулювання, більш коректні. В даному проекті зазначили визначення деяких понять, зокрема поняття інциденту, професійного ризику, оцінювання ризиків, робочого місця, шкідливих та небезпечних професійних факторів, аудиту системи безпеки та здоров'я працівників, експертної організації; представники працівників і багато інших.

Література

1. Здановський, В.Г. (2019). Наукові засади підвищення дієвості та ефективності охорони праці в Україні. Проблеми охорони праці в Україні, 35(1), 9–14.
2. Ткачук К.Н., Лисюк М.О., Лучко І.А., Водяник А.О., Ткачук С.П., Лесенко Г.Г., Гордань В.І. Методика визначення соціально-економічної ефективності заходів щодо поліпшення умов і охорони праці. К.: Основа, 1999. 95 с.
3. Цибульська О. В. Нове у системі управління ризиками / О. В. Цибульська // Інформаційний бюлетень з охорони праці. К. : ДУ «ННДПБОП». 2015. – № 4(78). С. 52–55.
4. Теличко К. Е. Аварії made in ... і людський фактор / К. Е. Теличко // Охорона праці. – 2012. – № 12. – С. 28–31.

УДК 331.46

Юраш Олександр Васильович
Кафедра відновлювальних джерел енергії

МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ СТАНУ ОХОРОНИ ПРАЦІ (ПРИКЛАД КОМПАНІЇ АВВ)

Анотація. У статті наведено результати дослідження впливу соціальних показників на рівень виробничого травматизму. Наведено інформацію про зв'язок виробничого травматизму, в тому числі з фатальними наслідками з соціальними показниками. Проведено порівняльну оцінку статистичних показників виробничого травматизму в Україні з країнами Європейського Союзу.

Ключові слова: виробництво, нещасний випадок, заходи безпеки

Abstract. The results of studies of the impact of social indicators on the level for occupational injuries have been presented at the article. The information on connection of industrial injuries, including with fatal consequences with social indicators has been resulted. A comparative assessment of statistical indicators of occupational injuries in Ukraine with the countries of the European Union have been performed.

Keywords: production, accident, safety measures

Вступ. Відповідно до даних Фонду соціального страхування України кількість нещасних випадків за 9 місяців 2020 року склала 3851, з них смертельних 297 [1]. Порівняно з 2018 роком кількість нещасних випадків збільшилась на 17,8% (з 3 270 до 3 851). Статистика в Україні показує, що зі збільшенням кількості робочих місць, яке притаманне зростанню економічних показників, збільшується кількість нещасних випадків на виробництві. Це є проблемою і для працівників, котрі не хочуть травмуватися на роботі, і для роботодавців, яким не потрібні нещасні випадки, оскільки вони призведуть до судових справ та найму нових працівників. Тобто зменшення кількості нещасних випадків є вигідним для всіх сторін виробничого процесу.

Порівняємо дані нещасних випадків в Україні (2020 рік) та країнах Європи (2018 рік). У таблиці 1 представлено кількість нещасних випадків в Європі відповідно до даних Eurostat за 2018 рік [2]. В Україні зниження виробничого травматизму відбувається поступово. Впродовж останніх двадцяти років виробничий травматизм знизився майже на 50 %, а кількість фатальних наслідків – у чотири рази. Однак це спостерігається в умовах суттєвого ускладнення економічної ситуації в країні, зниження ВВП і кількості зайнятих працівників у виробництві. Нині кількість смертельних нещасних випадків становить 7,2 % від загальної кількості.. Наприклад, у Болгарії цей показник становить 3,9%, у Румунії – 5,1%, а у Литві менш як 1 відсоток. У цих країн загальна кількість нещасних випадків близька до кількості в Україні, але летальність набагато менша. Це вже не кажучи про Німеччину чи Францію, у яких летальність 0,05% та 0,08% відповідно, хоча вони мають найбільшу кількість нещасних випадків, найбільшу кількість зайнятих у виробництві працівників і найбільший ВВП на людину.

Таблиця 1. Інформація про кількість нещасних випадків в країнах Європейського Союзу в 2018 році

Назва країни*	Кількість нещасних випадків, які призвели до втрати працездатності від чотирьох календарних днів, осіб			Загальна кількість фатальних нещасних випадків, осіб
	Загальна кількість	Чоловіки	Жінки	
Бельгія	72 059	22 472	22 472	77
Болгарія	2 255	1 530	725	87
Чехія	44 241	29 856	14 385	123
Данія	50 185	30 338	19 643	37
Німеччина	877 501	652 992	224 062	397
Естонія	6 230	4 743	1 486	12
Ірландія	18 090	11 542	6 478	34
Греція	4 493	3 137	1 356	37
Іспанія	465 227	327 385	137 842	323
Франція	771 837	469 791	302 046	615
Хорватія	12 047	7 845	4 185	44
Італія	291 503	212 995	78 508	523
Кіпр	2 147	1 587	560	9
Латвія	2 168	1 413	755	30
Литва	3 834	2 398	1 391	37
Люксембург	7 315	5 687	1 628	16
Угорщина	23 510	14 925	8 584	79
Мальта	2 001	1 607	394	4
Нідерланди	91 179	54 849	36 331	45
Австрія	63 229	49 393	13 836	124
Польща	77 949	50 152	27 797	211
Португалія	130 434	85 802	44 632	103
Румунія	4 623	3 253	1 370	235
Словенія	13 126	9 744	3 382	15
Словаччина	10 145	6 705	3 440	40
Фінляндія	41 038	27 636	13 402	25
Швеція	36 457	21 041	15 416	50
Об'єднане Королівство	220 985	139 330	81 621	249
Норвегія	10 525	6 259	4 266	37
Швейцарія	92 890	72 703	20 187	51
Країни Європейського Союзу	3 124 828	2 137 935	996 107	3 332

*Джерело інформації: Eurostat (online data codes: hsw_n2_01 and hsw_n2_02)

Як впливає з таблиці, відношення кількості травм на виробництві, що приходить на один випадок загибелі в країнах Європейського Союзу, незважаючи на коливання в окремих країнах, є достатньо сталим і навіть зростає. Зростання цього показника свідчить по-перше про модернізацію виробництва, поліпшення умов і безпеки праці, що призводить до зменшення частини фатального травматизму [5]. З іншого боку – про реєстрацію усіх виробничих травм навіть легких [6]..

В Україні спостерігається протилежна ситуація [7]. Вказане відношення загальної кількості травмованих до загальної кількості загиблих зменшується. Однією з причин такої ситуації є приховування від реєстрації нещасних випадків на виробництві. Адже відповідно до українського законодавства реєстрації підлягають тільки нещасні випадки, які сталися в робочий час на території підприємства. Також необхідно відзначити, що останній час посилюються тенденції до приховування інформації про безпеку праці та нещасні випадки на виробництві [8]. Це стало можливо, через залучення до виконання робіт працівників за нетривалими цивільно-правовими угодами, а іноді навіть без оформлення відповідних документів.

З огляду на вищесказане, можна констатувати, що існує два взаємопов'язані фактори: загальна кількість нещасних випадків та частка з них, що є фатальними. Зі збільшенням кількості працюючого населення кількість нещасних випадків буде зростати, однак в наших силах зробити їх число не таким великим, а найголовніше – зменшити летальність. Життя людей, що є найважливішою цінністю у сучасних країнах в загальному, можна зберегти у разі свідомого та відповідального ставлення до вимог безпеки та охорони здоров'я на виробництві.

Мета статті – узагальнення досвіду провідних Європейських компаній зі зниження рівнів виробничого травматизму. **Завдання статті** – встановлення причин виникнення нещасних випадків на виробництві та рекомендації до впровадження принципів безпечної організації виробничих процесів на прикладі компанії АВВ.

Матеріал і результати досліджень. Розглянемо як організовано роботу та чому потрібно навчатися у провідних Європейських організаціях. Для прикладу візьмемо компанію АВВ, яка спеціалізується на електротехніці та енергетичному машинобудуванні. Чому саме ця компанія? Одним з аргументів є те, що не зважаючи на велику кількість виробничих підприємств у різних країнах, за 2018 рік летальних випадків було лише 4 (загальна кількість працівників більш як 100 тис. осіб) [3].

Дана компанія приділяє велику увагу питанню безпеки та охорони здоров'я працівників. Менеджмент компанії АВВ впровадив такі вимоги [4]:

1) Лідерство та підзвітність. Необхідно забезпечити управління на всіх рівнях, щоб кожен був свідомий і відповідальний щодо виконання заходів до запобігання інцидентів, травм та професійних захворювань.

2) Управління ризиками для здоров'я та безпеки. Потрібно виявляти та зменшувати ризики, притаманні робочій діяльності, включаючи нові процеси виробництва та заміни продукції.

3) Організація. Проведення регулярних навчань з питань охорони праці потрібно, щоб усі працівники усвідомлювали свої ролі та обов'язки і могли безпечно виконувати свою роботу.

4) Працівники, підрядники та ділові партнери. Усі особи, котрі задіяні у виробничому процесі, повинні дотримуватись вимог місцевого законодавства, компанії АВВ та стандартів споживачів. Якщо ж існують відмінності, то приймати нормативний акт з найвищими вимогами.

5) Безпечне управління змінами. Важливо, щоб наслідки для здоров'я та безпеки були визначені та розглянуті щодо будь-яких майбутніх або запропонованих змін у господарській діяльності.

6) Управління кризисними та надзвичайними ситуаціями. Необхідно створити програми до управління надзвичайними та кризовими ситуаціями для захисту людей та майна.

7) Розслідування та запобігання інцидентам. Розслідування інцидентів повинно відбуватися швидко, у мінімальні терміни. Результати розслідування ретельно аналізуються та впроваджуються заходи, щоб запобігти повторному виникненню.

8) Моніторинг та звітність керівництва. Відстежуйте та переглядайте показники охорони здоров'я та безпеки для постійного вдосконалення.

Як вже згадувалось вище, зменшення кількості нещасних випадків корисно всім, однак досягти цього не так просто. З боку керівництва потрібна ініціативна на створення програм, навчання працівників, розслідування інцидентів, відстежування та попередження їх. Таки кроки своєю чергою спричиняють і часові затрати, і матеріальні, на які не всі роботодавці готові піти. Без ініціативи на державному рівні добитися належного рівня охорони праці на більшості підприємств буде майже неможливо. Щодо працівників, то їм теж потрібно зробити певні зусилля, щоб навчитися методам і способам захисту себе та оточуючих, а також постійно бути пильним.

Висновок. Зменшення нещасних випадків непроста справа і відбуватиметься поступово, однак результат того вартий, адже ми говоримо про здоров'я та безпеку людей. Досвід роботи компанії АБВ дає змогу стверджувати, що прискіпливо ставлення до здоров'я працівників гарантує безпечне виробництво і експлуатації електротехнічного устаткування.

Бібліографічний список

1. Фонд соціального страхування України. URL: <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/article/971992> (дата звернення 17.03.2021)
2. Eurostat. Accident at work statistics. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents_at_work_statistics#Number_of_accidents (дата звернення 17.03.2021)
3. ABB. Learning and building together. URL: <https://sustainabilityreport.abb.com/2012/ourpeople/occupationalhealthandsafety.html> (дата звернення 17.03.2021)
4. ABB. Occupational health and safety policy. URL: <https://new.abb.com/sg/about/our-policies/occupational-health-and-safety-policy> (дата звернення 17.03.2021)
5. Геврика Є.О. Охорона праці: навч. посіб. Львів: Рух, 2000. 280 с.
6. Кухровський П.П. Електробезпека на виробництві та в побути: навч. посіб. Хмельницький: Згода, 2005. 206 с.
7. Солоненко Н. Економіка охорони здоров'я: навч. посіб. НАДУ, 2005. 146 с.
8. Охорона праці: метод. реком. / НЕК Укренерго. Київ: НЕК Укренерго, 2019. 235 с.

Науковий керівник: Третьякова Л. Д., докт. техн. наук, проф. (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського)

УДК 658

Мітюк Л.О., канд. техн. наук, доцент,
Ницун Ю.Г., студентка 4 курсу
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ІЕЕ, каф. електропостачання

ІНЖЕНЕРНІ МЕТОДИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Вступ. Якщо розряд блискавки влучить у житловий будинок чи споруду, це призведе до великих матеріальних втрат, а саме: механічного пошкодження покрівлі, руйнування фасаду будівлі; виникнення пожеж; виходу з ладу багатьох систем життєзабезпечення будинку, в тому числі, електронного та електричного обладнання. Але головне те, що у цьому випадку з'являється загроза для безпеки людей і тварин, які знаходяться в будівлі або поряд із нею.

Згідно з принципом ALARA (*As Low As Reasonably Achievable* – один із основних критеріїв, сформульований у 1954 році Міжнародною Комісією з радіологічного захисту з метою мінімізації шкідливого впливу іонізуючої радіації), застосовуваним у постіндустріальних країнах, цей ризик, як і інші, має бути знижений настільки, наскільки це можливо. Нинішній рівень використання систем блискавкозахисту в Україні дуже мізерний – він становить приблизно 3–5 відсотків. Проте нехтування високим ризиком небезпечної події призводить до загибелі людей – за даними [1] кожного року у світі від удару блискавки гине близько 6000 людей. Така ситуація призводить також до надмірної матеріальної шкоди і значних непоправних втрат, з якими особа чи громада не в змозі впоратись своїми силами), що руйнує як особисті плани, так і плани з розвитку громади. Тому саме комплексний, системний підхід у досягненні безпеки, починаючи із стадії оцінювання, з врахуванням як характеристики небезпеки, так і особистий, індивідуальний ризик загибелі чи ушкодження, допоможе захиститися від небезпеки під час грози.

На будівлі будь-якого підприємства необхідно виконати установку системи блискавкозахисту, яка є незамінним елементом техніки безпеки і в разі удару блискавки зможе вберегти від людських жертв і великих фінансових збитків. У процесі роботи над проектом системи в облік беруться такі фактори, як призначення виробництва, особливості його конструкції та розміщення об'єкта, для визначення частоти ударів блискавки. Професійноспроектована і змонтована система блискавкозахисту – найкраща інвестиція в безпеку підприємства. Завдяки довговічності системи і її надійності, власник нерухомості може бути впевнений у безпеці персоналу і всього об'єкта. [2]

Мета. Зниження ризику небезпеки для життя людей і забезпечення збереження будівель і споруд у належному стані в результаті впровадження відповідної системи блискавкозахисту під час проектування або реконструкції будівлі(споруди).

Завдання. Узагальнення (тобто, удосконалення) методики визначення систем блискавкозахисту для відповідних будівель, тобто, в даній конкурсній роботі було розроблено комплекс заходів безпеки будівель і споруд в надзвичайних ситуаціях.

Використана методика дослідження.

Під час виконання даної роботи були використані методи аналізу, порівняння та узагальнення.

Загальна характеристика наукової роботи. Дослідження теоретичної методики розрахунку та вибору системи блискавкозахисту для будівлі чи споруди за відповідним рівнем ризику прямого удару блискавки під час грози.

Висновки. Результати інформаційних досліджень пов'язані з попередженням надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути під час грози, свідчать, що лінійні блискавки є природнім атмосферним явищем і мають величезну потужність - кожен удар може мати напругу до мільйона вольт і струм до сотні тисяч ампер. В середньому земну поверхню щосекунди вдаряють сотня блискавок. Коли удар взаємодіє з лініями електропередач або спорудами чи іншими об'єктами, то відбувається стрибок напруги, який може нанести значні пошкодження як обладнанню приєднаного до електричної мережі, так і людям, які знаходитимуться в спорудах. Згідно з принципом ALARA, застосовуваним у постіндустріальних країнах, цей ризик, як і інші, має бути знижений настільки, наскільки це можливо.

Нинішній рівень використання систем блискавкозахисту в Україні дуже мізерний (приблизно 3–5 відсотків). В зв'язку з цим було проведено інформаційне дослідження вимог до систем блискавкозахисту, проаналізовано можливі ризики, та розглянуто новітні способи уникнення ударів блискавки. Серед них: критичний метод, лазерний метод, метод нейтралізації зарядів та метод активних блискавкоприймачів. [3] Результатом дослідження стало узагальнення (тобто, удосконалення) методики визначення підходящих систем блискавкозахисту для відповідних будівель, тобто, в даній конкурсній роботі було розроблено комплекс заходів безпеки будівель і споруд в надзвичайних ситуаціях.

Це стало можливим за результатами запропонованого проведення розрахунків системи блискавкозахисту. В першу чергу ми проводимо аналіз для виявлення місця удару блискавки, це можливо при використанні методики часу прибуття (TOA - Time Of Arrival) [4], яка базується на визначенні характеристик електромагнітної хвилі. Після цього ми здійснюємо розрахунок та розміщення блискавкоприймачів одним із трьох методів: 1) метод блискавкоприймальної сітки, 2) метод сфери, що котиться, 3) метод захисного кута. Також ми запропонували алгоритм розрахунку безпечної ізоляційної відстані для розміщення блискавкоприймачів. І наостанок розглянули метод та схему розміщення доземних провідників та заземлювачів (двома методами).

За результатами даної роботи згідно ДСТУ. EN 62305 частини 3, було запропоновано встановлення ізольованої зовнішньої системи *блискавкозахисту LPS (Lightning Protection System)*, яка зазвичай включає спеціальне обладнання для прийому, передачі та відведення електричного струму (удару блискавки).

В якості впровадження розробленої методики розрахунку та вибору системи блискавкозахисту (на основі визначеного рівня блискавкозахисту за рахунок аналізу частоти ударів блискавки та уточнення необхідності впровадження системи блискавкозахисту на даному об'єкті) спостерігається зниження ризику небезпеки для життя людей і забезпечення збереження будівель і споруд у належному стані в результаті впровадження обраної системи блискавкозахисту під час проектування або реконструкції будівлі(споруди).

Результати роботи впроваджено в форму безпеки виробництва компанії ТОВ «Юнігран Сервіс» в 2021 році, а також в навчальний процес кафедри ОППЦБ ІЕЕ, КПП імені Ігоря Сікорського в 2021 році.

Список використаних джерел

1. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://web.archive.org/>
2. Необхідність блискавкозахисту в наш час [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://klaster.ua/ua/stati-i-obzory/molniezashchita-neobkhodimost-ili-roskosh/> –

3. The Scientific Basis for Traditional Lightning Protection Systems.

URL: http://lightningsafetyalliance.com/documents/scientific_basis.pdf (date of access: June 2001)

– Name from the home page of the Internet.

4. Прилепа Р.В. Система моніторингу блискавок для об'єктів енергетики: дис. студент VI курсу: УДК 621.316.9. Київ, 2018. 127с.
